r het verband tusschen
efractie en het brekende
sel van het oog. ❋ ❋

W. P. C. ZEEMAN.

OVER HET VERBAND TUSSCHEN DE REFRACTIE EN HET BREKENDE STELSEL VAN HET OOG.

Over het verband tusschen de refractie en het brekende stelsel van het oog.

Academisch proefschrift ter verkrijging van den graad van Doctor in de Geneeskunde aan de Universiteit van Amsterdam, op gezag van den rector magnificus I. J. de Bussy, Hoogleeraar in de faculteit der Godgeleerdheid, in het openbaar te verdedigen in de Aula der Universiteit op Dinsdag 7 Februari 1905, des namiddags te 4 uur

door

W. P. C. ZEEMAN,
geboren te Amsterdam.



Amsterdam
F. VAN ROSSEN
1905.

Ka

Aan mijne Ouders
en aan mijne verloofde.

*Aan mijne Ouders
en aan mijne verloofde.*

De aanbieding van dit proefschrift is mij eene welkome gelegenheid om mijnen dank te betuigen aan zoovelen, die tot mijne vorming hebben bijgedragen.

Vooral Gij allen, Hoogleeraren en Lectoren der Medische en Philosophische Faculteit, aan wier leiding en opwekkend voorbeeld ik de kennis en de kracht tot het beëindigen mijner studiën ontleende, wordt thans door mij met een gevoel van erkentelijkheid herdacht.

In het bijzonder wensch ik U, Hooggeleerde PLACE, *Hooggeachte Promotor, dank te brengen voor den krachtdadigen steun, mij bij dezen arbeid verleend. Uwe vriendschap en Uwe bezielende lessen waarin Gij ons inleiddet in de studie der levensverschijnselen, zullen een onuitwischbaren indruk in mijne herinnering nalaten.*

Ook Gij, Hooggeleerde STRAUB, *hebt mij door uwe vriendelijke belangstelling en uwen welwillenden steun tot grooten dank verplicht.*

En Gij, Hooggeleerde ROTGANS, *weest overtuigd, dat ik van ganscher harte zal streven aan de verwachtingen, die Gij aan uwe assistenten stelt, naar mijne krachten te voldoen.*

Ten slotte is het mij een genoegen hier mijnen dank te kunnen uitspreken tegenover hen, die zoo bereidwillig hunne oogen en hunnen tijd voor mijn onderzoek hebben ter beschikking gesteld.

INLEIDING.

Refractie-afwijkingen worden veroorzaakt door eene wanverhouding in de ligging van het achterste hoofdbrandpunt en de retina van het oog ten opzichte van elkaar. Deze wanverhouding kan afhankelijk zijn van verscheidene anatomische of physiologische eigenschappen. De regel echter is, dat de myopie in eene grootere lengte, de hypermetropie in eene geringere lengte van het oog hare oorzaak heeft. Het gevolg hiervan is, dat evenwijdig invallende lichtstralen zich bij den myoop in een punt vóór de retina en bij den hypermetroop in een punt achter de retina vereenigen.

Deze door velen erkende feiten werden door DONDERS het eerst op den voorgrond geplaatst, waar het gold de oorzaken der refractie-anomaliën te bestudeeren.

In 1858 verschenen zijn „Winke betreffend den Gebrauch und die Wahl der Brillen", in 1860 „Beiträge zur Kenntniss der Refractions und Accommodationsanomalien", in 1862 „Astigmatisme en cylindrische glazen". In 1864 eindelijk zag zijn beroemd werk „Accommodation and refraction of the eye" het licht, dat door de Sydenham Society werd uitgegeven en waarvan in korten tijd talrijke vertalingen verschenen zijn.

De afwijkingen in de lengte der oogas gaven van den refractietoestand van het oog zoo volkomen rekenschap, dat aan het bestaan van afwijkingen in de kromming of in den onderlingen afstand der brekende vlakken in verband met de refractie-anomaliën geen aandacht geschonken werd.

Toch ligt het vermoeden voor de hand, dat er een verband bestaat tusschen den refractietoestand en de daarbij voorkomende afwijkingen in het dioptrisch apparaat.

Op aanraden van Prof. PLACE besloot ik door metingen aan oogen van verschillende refractie gegevens bij te brengen, die het bestaan van zulk een verband zouden kunnen aantoonen.

Voor eenige jaren sprak Prof. STRAUB [1]) de stelling uit: „de natuur streeft er naar de ideale refractie te bereiken, waarbij het oog in rust voor de verst verwijderde voorwerpen is ingesteld. In een gering aantal gevallen geschiedt dit door nauwkeurige regeling van de aslengte en de brekende kracht. Gewoonlijk is de breking iets te gering (latente hypermetropie), en wordt het tekort door eenen zeer nauwkeurig gedoseerden tonus van de ciliairspier aangevuld."

Tevens wijst STRAUB er op, dat er veel emmetropische oogen zijn met eenen myopischen bouw; en houdt het niet voor een toeval, dat ondanks den drang naar myopie, dien we uit de ligging van den Nervus opticus herkennen, de oogen van de helft der studenten nog emmetroop gebleven zijn. Het streven om de ideale refractie, de emmetropie, te bereiken of te behouden, waarop STRAUB wijst, toont aan, dat er een verband bestaat tusschen eene refractie-anomalie en het brekende systeem van het oog.

Gaan we nu na, welke argumenten voor de bovengenoemde stellingen werden aangevoerd. In de eerste plaats wordt er op gewezen, dat de meeste jonge kinderen hypermetroop zijn, dat bij oudere individuen emmetropie de meest voorkomende refractietoestand is, en dat dus tijdens de jeugd eene doelmatige verandering optreedt.

---

[1]) STRAUB. Tijdschr. v. Geneesk. 1900. II. Nr. 22.
„ „ „ „ 1889. Nr. 8.

De studie van het oog van den zuigeling brengt vele interessante feiten aan het licht.

JAEGER vond onder 100 zuigelingen van 9 tot 16 dagen: 17 hypermetropen, 5 emmetropen en 78 myopen. Hoewel we in zijne methode van onderzoek, refractiebepaling met den oogspiegel in het rechte beeld na indruppeling van atropine, geene fout kunnen aanwijzen, moeten we toch aan de juistheid zijner waarnemingen twijfelen.

Immers vonden: BYERRUM [1]), SCHLEICH [2]), ULRICH [3]), KÖNIGSTEIN [4]), HORSTMANN [5]), ELY [6]), GERMAN [7]) en KOPPE [8]) allen door oogspiegeling in het rechte beeld, en BIEGEL [9]) en DE VRIES [10]) door onderzoek met de schaduwproef, bijna uitsluitend hypermetropie bij de bijna 2000 oogen van zuigelingen, die zij tezamen onderzochten. Allen verrichtten hun onderzoek na verlamming van den musculus ciliaris door atropine. De graad der vèrziendheid, door hen gevonden, wisselt tusschen vrij wijde grenzen. De gemiddelden schommelen tusschen 2 en 5 D.

Nemen we nu aan, dat de refractie van den volwassene na verlamming zijner accommodatie ongeveer H 1 à $1^1/_2$ D. bedraagt (FALKENBURG) [11]), dan moet de refractie zich dus werkelijk in gunstigen zin gewijzigd hebben. De verande-

---

1) BYERRUM. Internat. med. congres Kopenhagen, 1884. cit. STRAUB.
2) SCHLEICH. Mitth. aus der ophth. Klinik. Tübingen, 1882. cit. STRAUB.
3) ULRICH. Dissertat. Königsberg, 1884. cit. STRAUB.
4) KÖNIGSTEIN. Wiener medic. Jahrbücher. 1881. cit. STRAUB.
5) HORSTMANN. Arch. f. Augenheilk. 1884.
6) ELY. Arch. f. Ophthalm. IX. 1880.
7) GERMAN. Arch. f. Ophthalm. XXXI.
8) KOPPE. Dissert. Dorpat. 1876. cit. STRAUB.
9) BIEGEL. Tijdschr. v. Geneesk. 1893. II. pg. 441.
10) DE VRIES. Verslagen Nederl. Oogheelk. gezelschap. Utrecht 1900.
11) FALKENBURG. Dissertatie. Amsterdam. 1892.

ringen echter, die het zuigelingenoog moet ondergaan om den toestand van het volwassen oog te bereiken, zijn zoo gecompliceerd, dat er geen sprake van kan zijn aan één der eigenschappen van het oog in dit proces eene overwegende rol toe te kennen.

Een scherp licht wordt hierop geworpen door de onderzoekingen van AXENFELDT. [1])

Hij wijst er op, dat de lengte van het oog van den zuigeling ongeveer 16.4 mM. bedraagt tegen 23.2 mM. bij den volwassene. Indien de brekende media dezelfde waren, zou het oog van den zuigeling krachtens deze geringe lengte 34.3 D. hypermetroop moeten zijn. De hypermetropie van den neonatus bedraagt volgens hem echter ongeveer 2.3 D.; dus moet het brekende stelsel van den neonatus veel krachtiger werking hebben dan dat van den volwassene en wel tot eene waarde van ruim 30 D.

Voor den radius corneae van den neonatus werden door LAQUEUR [2]) waarden gevonden van 8, 6.75, 8.1 mM.,

door HASSNER [3]) : 6.06;

door REUSS [4]) : 6.59, 6.9, 7.14;

door AXENFELDT : 7.44 en 7.37.

Over het algemeen blijken deze waarden dus zeker vrij veel uiteen te loopen, en schijnen hoewel kleiner dan bij den volwassene, niet in staat eene hypermetropie van 30 D. op te heffen. Dan moeten in de lens of in de brekingsindices der media de voorwaarden voor zooveel sterker breking gelegen zijn.

---

[1]) AXENFELDT. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane. 1897.
[2]) LAQUEUR. Arch. f. Ophthalm. XXX.
[3]) HASSNER. Prager medic. Wochenschr. 1873, cit. v. REUSS.
[4]) REUSS. Arch. f. Ophthalm. XXVII.

Werkelijk nadert de lens van den neonatus meer tot den kogelvorm dan de lens van den volwassene. De dikte en de aequatoriale middellijn der lens van den pasgeborene bedragen resp. 5.1 en 6.3 mM. tegen 3.6 en 9 mM. bij den volwassene.

MERKEL en ORR [1]) bepaalden aan mikroskopische praeparaten de stralen van de vóór- en achtervlakte der lens op ongeveer 3.3 mM.

HOLTH [2]) vond voor dezelfde maten 4.1 en 3.85 mM., in een ander geval 6.4 en 4.2.

STADTFELDT bepaalde deze radii op 5 en 4 mM.

De hiergenoemde cijfers pleiten dus wel voor eene sterke lenskromming in het oog van den zuigeling.

Hoe echter verhouden zich de brekingsindices der verschillende middenstoffen bij pasgeborenen en oudere individuen? Hiervoor staan ons ten dienste de onderzoekingen van HIRSCHBERG [3]) en van WOINOW [4]); de eerste geeft aan, dat de brekingsindices bij den neonatus en den volwassene dezelfde waarde hebben, WOINOW vond bij den pasgeborene eenen iets lageren brekingsindex.

Waar dus de radius corneae en de brekingsindices der verschillende media betrekkelijk weinig verschillen, moeten de stralen van de vóór- en achtervlakte der lens en hare dikte in hoofdzaak de hoogere refractie van omstreeks 30 D. bewerken, die krachtens de gemaakte berekeningen in het oog van den zuigeling moet bestaan [5]).

---

1) MERKEL en ORR. Anatom. Hefte. 1892.
2) HOLTH. Congrès Internat. d'Ophthalm. Utrecht.
3) HIRSCHBERG. Archiv f. Augenh. VI. 1874.
4) WOINOW. Mon. Bl. f. Augenh. XII. 1874.
5) AXENFELDT. Zeitschr. f. Psychol. u. Phys. d. Sinnesorg. Bd. XV. 1897.

Resumeeren we dus, welke veranderingen het oog in de eerste levensjaren ondergaat, zoo zien we ten eerste eene verlenging van het oog optreden, voorts eene verlenging van den radius corneae en eindelijk eene sterke afplatting van de lensoppervlakten. Niettegenstaande deze belangrijke veranderingen, verandert de refractietoestand van het oog slechts in zeer geringe mate; de hypermetropie vermindert, doch verdwijnt niet geheel. Dat deze veranderingen aan het oog dus zoo gunstig samenwerken, dat de refractie zelfs nog iets tot de emmetropie nadert, kunnen we ons slechts verklaren door ons te beroepen op de natuurlijke selectie.

Beter nog doen we wellicht, wanneer we zeggen, dat de natuur hier weder op voor ons onverklaarbare wijze een zoo gunstig resultaat weet te bereiken. We kunnen geene direct werkende factoren voor de handhaving der emmetropie tijdens dezen groei aanwijzen.

Dit doen. we slechts, waar we bij den volwassene zóó volkomen nauwkeurig de emmetropie zien ontstaan uit de vele wisselende graden der latente hypermetropie. Voor eene zóó fijne regeling, dat zelfs de individueele variaties, waarin we de kromme van QUETELET zouden weervinden (STRAUB), wegvallen, moeten meer directe factoren zijn aan te wijzen.

En als zoodanig komen hier bij het ontstaan van emmetropie uit hypermetropie dan in aanmerking:

òf eene vermeerdering van kromming van de lens of van de cornea,

òf eene verhooging der brekingsindices,

òf eene verlenging der oogas.

De bij uitstek nauwkeurige en doelmatige regeling, die hierdoor bewerkt moet worden, maakt het onwaarschijnlijk, dat we de oorzaak zouden moeten zoeken in eene verlenging

der oogas of in eene verandering van brekingsindices of van den radius corneae, daar we ons geen mechanisme kunnen denken, dat deze factoren zoo fijn zou reguleeren.

Bij voorkeur zoeken we dus de oorzaak van het proces in eene krommingstoename der lensvlakten. We doen dit te eer, daar de lenskromming onderworpen is aan spierwerking en zenuwinvloed, en juist spieren en zenuwen meer dan andere weefsels in staat geacht kunnen worden de allerfijnste veranderingen te bewerken.

Sterkere kromming van de lens dus, door verkorting van den musculus ciliaris, vermoedelijk meestal eene functioneele, misschien soms eene absolute organische verkorting; in het eerste geval dus een tonische contractietoestand, hetzij inhaerent aan de spier, hetzij door zenuwwerking in stand gehouden; in het tweede geval eene werkelijke verkorting van de spier ook in haar meest verslapten toestand.

Of deze laatste onderstelling juist is, dat dus bij de hypermetropen de lens eene sterkere kromming bezit, kunnen we uitmaken door directe metingen van krommingen en van afstanden der brekende vlakken te verrichten. Het resultaat dezer waarnemingen zullen we in een volgend hoofdstuk mededeelen.

Slechts enkele onderzoekers van vroegeren tijd vestigden de aandacht op de bovengenoemde vooral door STRAUB gereleveerde feiten.

Wel vinden we in het boek van JAEGER [1]) van 1861 reeds vermeld, dat met de verlenging van de oogas, die de meest voorkomende oorzaak van myopie is, vaak eene achterwaartsche verplaatsing der lens gepaard gaat met of zonder

---

[1]) JAEGER. Ueber die Einstellung des dioptr. Apparates. 1861.

afplatting harer vlakken onder daaraan beantwoordende vergrooting der voorste oogkamer.

Dat JAEGER dit als een typisch en belangrijk verschijnsel beschouwd heeft, komt ons niet waarschijnlijk voor, wanneer we hem deze feiten zoo terloops zien mededeelen.

Vrij belangrijke argumenten bracht WEISS [1]) voor deze kwestie aan, geput uit waarnemingen, die bestemd waren uit te maken, of de myopie ook op eene verandering in de brekende media zou kunnen berusten.

Hij mat de papilla Nervi Optici in het rechte beeld in oogen van verschillende refractie. Onderstellende, dat de verticale middellijn der papil eene vrij constante grootheid zou zijn, concludeerde hij uit de door hem gevonden verschillen in grootte, tot verschillen in de brekende kracht van het oog. Zag hij nml. de papilla bij den hypermetroop grooter dan bij den myoop, dan schreef hij dit verschil toe aan de sterkere vergrooting, die de meer gekromde vlakten in het oog van den hypermetroop moesten veroorzaken.

WEISS bepaalde ook de kracht der lens in ametropische oogen door evenals DONDERS de refractie dier oogen te bepalen vóór en na eene lensextractie. Het verschil in refractie vóór en na zulk eene operatie geeft ons eene maat voor de optische waarde der lens. Hierbij dient men echter in rekening te brengen de veranderingen, die bij de operatie in de cornea plaats vonden.

WEISS mat daarom ook met den ophthalmometer van HELMHOLTZ de cornea vóór en na de operatie en had dan alle gegevens om uit te maken, welk deel van het gevonden refractie-verschil aan eene veranderde cornea-kromming moest worden toegeschreven. Het overblijvende verschil in refractie

[1]) WEISS. Arch. f. Ophthalm. XXIII.

vóór en na de operatie was dan eene maat voor de waarde der lens.

Mauthner[1]) vond bij toepassing dezer methode, dat de optische waarde der lens eene constante grootheid is, en dat men de lengte van het oog wel zou kunnen bepalen, zoodra men de refractie van het oog en de kromming der cornea had gemeten.

Intusschen vond Weiss bij het gebruik dezer zelfde methode, dat het brekende stelsel bij den myoop met langere oogas gewoonlijk minder sterk was.

Weiss leverde dus twee reeksen van proeven, die eenen steun kunnen vormen voor de bovenvermelde aan Straub ontleende opvatting.

Nadat Straub zijne meening over de zoogen. emmetropisatie had uitgesproken, vinden we ook bij Heine[2]) hierop de aandacht gevestigd.

Hij wijst er nog eens op, dat de waarden van radius corneae, lensstralen en aslengte bij emmetropen tusschen zulke wijde grenzen kunnen wisselen, zonder dat men ze pathologisch mag noemen, dat het wel bijzondere aandacht verdient, dat zoo zelden eene „toevallige wanverhouding" tusschen aslengte en brekende kracht wordt aangetroffen. Dat deze emmetropisatie door de lens zou worden bewerkstelligd, zooals Straub wil, acht hij niet waarschijnlijk. Immers, wanneer bijv. in een te kort oog de aan de aslengte beantwoordende hypermetropie door eene sterkere lenskromming werd gedekt, zou men volgens hem eene afname der accommodatiebreedte moeten verwachten. De accommo-

---

[1]) Mauthner. Lehrbuch der Ophthalm. 1868. cit. Tscherning.
[2]) Heine. Arch. f. Augenh. 1904.

datiebreedte der ametropen vertoont echter integendeel eene groote standvastigheid.

Wel, zegt hij, wordt de neiging tot emmetropisatie reeds gedemonstreerd door de latente hypermetropie, maar daarmede is dit proces nog niet geheel opgehelderd, want belangrijke moeilijkheden wachten ons, wanneer we ons lichte myopiën willen gecorrigeerd denken. Eene negatieve accommodatie, zooals die door MORAT en DOYON wordt aangenomen, kan hij evenmin als HESS aannemen.

Ook DE VRIES [1]) trachtte licht te werpen op het proces der emmetropisatie. Na vermelding van metingen van refractie, aslengte en corneastraal aan de oogen van zuigelingen, door vroegere onderzoekers en door hem zelf verricht, komt hij tot de volgende conclusie: „de lens houdt het oog tijdens zijnen groei emmetroop; zij wijzigt steeds hare brekingswaarde zoodanig, dat niettegenstaande de verhouding tusschen aslengte en hoornvliesstraal steeds wisselt, toch de refractie ongeveer emmetroop blijft. De lens is de bewerker der emmetropisatie." Steun voor zijne opvatting vindt hij in de zeer uiteenloopende getallen, die door eenzelfden onderzoeker bij verschillende individuen werden gevonden voor de stralen der krommingsoppervlakten van de lens (REUSS-HOLTH [2]). Ook beroept hij zich op metingen van SCHNABEL en HERRNHEISER [3]), die bij volwassen emmetropen de aslengte zagen wisselen tusschen 22—25 mM. (beantwoordende aan een verschil van ongeveer 9 Dioptrieën), wat op zichzelf niet gedekt wordt door de voorkomende verschillen in hoornvlies-refractie van volwassen emmetrope oogen.

[1]) DE VRIES. Verslagen Nederl. oogheelk. Gezelschap. Utrecht, 1900.

[2]) HOLTH. Ophthalm. Congres. Utrecht, 1899.

[3]) SCHNABEL und HERNNHEISER. Staphyloma posticum, Conus und Myopie, 1895.

Uit al de genoemde beschouwingen treedt dus het streven naar de juiste verhouding tusschen aslengte en brekende kracht meer en meer op den voorgrond als een belangrijk proces, dat nader onderzoek eischt.

Het moet dan allereerst ons doel zijn aan te wijzen, welke factor zulk eene correctie bewerkstelligt; en het was met dit doel dus, dat we eenige metingen verrichtten aan oogen van em- en ametropen om na te gaan, of wellicht de lens dien corrigeerenden invloed zou kunnen uitoefenen.

In de volgende hoofdstukken zullen we nu onze methoden van onderzoek beschrijven en onze resultaten mededeelen.

Daarbij zullen we eerst afzonderlijk bespreken de verschillende waarden, die we vonden voor den radius corneae, de diepte der voorste oogkamer, enz., enz. en dan tevens de cijfers van andere onderzoekers vermelden.

Vervolgens zullen we bij benadering uit de gevonden maten de totale brekende kracht van de brekende media in de onderzochte oogen bepalen.

Daartoe bepalen we de ligging van het tweede hoofdbrandpunt van het onderzochte oog ten opzichte van de cornea. We zullen dan kunnen zien, of dit punt bij den ametroop ook soms de neiging vertoont tot de te ver naar voren of naar achteren liggende retina te naderen. Dit zou wijzen op eene meer of minder sterke breking van het dioptrisch apparaat in verband met de hypermetropie of de myopie van het oog.

Moeten we deze metingen nu ondernemen bij willekeurige ontspanning der accommodatie of bij accommodatieverlamming door atropine?

Volledigheidshalve hadden we ons onderzoek onder beide

omstandigheden moeten verrichten. Vonden we na atropine-instillatie gegevens, die er voor zouden pleiten, dat het brekende stelsel van den hypermetroop sterker, dat van den myoop zwakker brekend was, dan zou dit wijzen op een werkelijk anatomisch verschil in beide gevallen. Vinden we gelijksoortige resultaten bij onze metingen zonder atropine-gebruik, dan kunnen de verschillen nog berusten:

òf op een anatomisch verschil,

òf op een verschil in tonus van den musculus ciliaris bij den hypermetroop en den myoop.

We kunnen van deze twee mogelijkheden niet met volle zekerheid de juiste aanwijzen, daar de tijd voor eene dubbele meting aller oogen aan ons ontbrak.

Kenden we de refractie onzer patienten zonder en met atropine, zoo hadden we ook daaruit den tonus leeren kennen en hiermede wellicht kunnen berekenen, in hoeverre de door ons gevonden verschillen tusschen hypermetropen en myopen op tonusverschillen konden berusten, in hoeverre ze eene anatomische basis moesten hebben. Ook de daarvoor noodige gegevens staan ons echter helaas niet ten dienste.

OPHTHALMOMETRISCHE WAARNEMINGEN.

Zooals we in de inleiding opmerkten, was dus het doel van dit proefschrift een onderzoek in te stellen naar de optische constanten van het oog bij verschillende refractietoestanden.

We moesten zooveel mogelijk de andere factoren elimineeren, die op die constanten eenen invloed konden oefenen en het was dus van voordeel, dat verscheidene studenten, personen van ongeveer gelijken leeftijd en gelijke levensomstandigheden hunne oogen tot dit onderzoek wilden beschikbaar stellen. Daar onder hen een voldoend aantal hypermetropen niet werd gevonden, werden de lijsten der oogheelkundige polikliniek van het Binnengasthuis nageslagen en werden de daarin genoemde hypermetropen verzocht hunne oogen tot dit onderzoek te leenen.

De leeftijd der patienten wisselt in hoofdzaak tusschen 20 en 25 jaar; enkelen waren jonger.

Van de meesten werd 1 oog onderzocht, nml. dat, waar de sterkste graad van ametropie bestond of waar het geringste astigmatisme gevonden was, daar dit laatste allicht schade zou doen aan de nauwkeurigheid van het onderzoek.

De refractie werd bepaald met SNELLEN's letterproeven, soms ook met de schaduwproef; bij velen was bovendien het resultaat bekend van een in een der laatste jaren door eenen ophthalmoloog verricht refractie-onderzoek.

We bepaalden nu achtereenvolgens den hoek tusschen de

gezichtslijn en de optische as van het oog, den radius corneae, de diepte der voorste oogkamer en den straal der voorste lensvlakte.

Daarbij maakten wij in hoofdzaak gebruik van de door HELMHOLTZ [1]) aangegeven methoden. Allereerst bepaalden we dus den hoek tusschen de gezichtslijn en de optische as van het oog, en noemden dezen hoek $\angle \alpha$.

We gingen uit van de voorstelling, door HELMHOLTZ als geoorloofd bewezen, dat de optische as van het oog weinig afwijkt van de as der cornea en dat deze laatste samenvalt met de normaal, in het midden der cornea opgericht.

Deze laatste voorstelling steunt op het bewijs van HELMHOLTZ, dat in het algemeen de cornea in vorm weinig afwijkt van een segment van een ellipsoid.

Aannemende, dat de cornea de top van een ellipsoid was, berekende hij uit zijne metingen van den radius corneae in verschillende punten, dat de lange as van het ellipsoid juist loodrecht op het midden der cornea moest staan. We nemen dus aan, dat de optische as van het oog samenvalt met de optische as der cornea en deze met de loodlijn, in het midden der cornea opgericht. We bepalen dus den hoek dien deze loodlijn maakt met de gezichtslijn van den patient.

Deze steunde daartoe evenals bij alle volgende metingen met het hoofd in eenen standaard en drukte met het voorhoofd tegen een vast punt, zoodat de plaats van het onderzochte oog bij de verschillende waarnemingen niet veranderde.

Een electrisch gloeilampje stond op 160 cM. vóór het oog en vlak daaronder stond de tubus van den op het oog gerichten ophthalmometer van HELMHOLTZ. In dezelfde verticale lijn lag het O-punt van eene horizontale schaal, die

[1]) HELMHOLTZ. Arch. f. Ophthalm. I.

loodrecht op de verbindingslijn van het licht met het oog geplaatst was en waarop een verschuifbaar schermpje rustte. Dicht bij het oog van den patient stond een gasgloeilicht, iets ter zijde en ongeveer 20 cM. boven het niveau van het oog, ter verlichting der randen van de cornea.

Het andere oog van den patient werd door een schermpje bedekt, opdat dit niet bij het fixeeren zou worden gebruikt en het onderzochte oog zou afwijken. Bij eenen in den aanvang onderzochten hypermetroop devieerde het te onderzoeken oog zoo sterk, dat terstond de genoemde prophylactische maatregel werd ingevoerd.

Nu werd het viseerschermpje zóó gesteld, dat het corneabeeld der electrische lamp juist in het midden der cornea werd gezien.

Daarna werd door draaiïng der voor den kijker aanwezige glasplaten van den ophthalmometer gecontroleerd, of men de verdubbelde lichtbeeldjes gelijktijdig met de over elkaar reikende randen der verdubbelde cornea kon doen samenvallen. Het gasgloeilicht verlichtte daartoe deze randen en was hoog geplaatst, opdat het spiegelbeeld hiervan niet hinderlijk zou zijn.

Richten we nu van uit den kijker eene loodlijn op de cornea op, dan zal licht, dat langs deze lijn invalt, in dezelfde richting worden teruggekaatst en ook door ons gezien worden. We zien het beeld in het midden der cornea, dus loopt de normaal van uit de lichtbron getrokken, door het midden der cornea. Deze lijn tusschen het oog en het licht is dus de optische as.

Wanneer het viseerschermpje a cM. van het 0-punt verwijderd is, dan is dus $\frac{a}{160}$ = de tangens van den hoek

tusschen de gezichtslijn en de optische as, dien we zochten.

We maken bij deze bepaling echter eene kleine fout, omdat we het snijpunt dezer lijnen niet in het knooppunt, doch in het vóórvlak der cornea verlegden. Op deze fout werd reeds in 1869 door MAUTHNER[1]) en door WOINOW[2]) gewezen; tevens echter toonden zij aan, dat de aldus te maken fout zeer gering was, volgens den één ongeveer 5′40″, volgens den ander 7′37″ zou bedragen.

De gezichtslijn en de optische as snijden elkaar in het knooppunt; de eerste verbindt dit met de fovea centralis, de tweede is in den regel naar een meer mediaal gedeelte der achterste ooghelft gericht.

De tabel doet direct zien, dat hoek α bij hypermetropen vrij groot, bij emmetropen kleiner en bij den myoop vaak zeer klein is.

	hypermetropen	emmetropen	myopen
hoogste	11° 37′ 10″	9° 45′ 59″	7° 18′ 41″
gemiddelde	8° 4′ 3″	5° 43′ 20″	3° 54′ 5″
laagste	4° 30′ 10″	2° 0′ 16.5″	– 0° 6′ 34″

In één geval van myopie verliep de as lateraal langs de fovea.

Gelijkluidende resultaten waren reeds door DONDERS[3]) in vereeniging met DOYER gevonden. Ook SENFF[4]), HELMHOLTZ en KNAPP[5]) hadden reeds vroeger aan enkele oogen den hoek α gemeten. DONDERS onderzocht 50 oogen. Hij wijst er op, dat bij het zien in de verte, dus met evenwijdige gezichtslijnen de gezichtsassen moeten divergeeren en wel over

1) MAUTHNER. Klin. Mon. Bl. für Augenheilk. VII. 1869.
2) WOINOW. Ibid.
3) DONDERS. Refraction and Accommodat. of the eye. 1864.
4) SENFF WAGNERS Handwörterbuch der Physiol, III. 1.
5) KNAPP. Arch. f Ophthalm. VI.

eenen hoek, die 2 maal zoo groot is als de besproken $\angle \alpha$.

Is deze hoek, zooals bij den hypermetroop, zeer groot, dan wordt daaruit de schijnbare strabismus divergens verklaard, die we aan hypermetropische oogen zoo vaak waarnemen. Eveneens kan de zeer kleine hoek $\angle \alpha$ bij den myoop zijn schijnbare strabismus convergens verklaren.

Waarin vinden we de oorzaak dezer gevonden verschillen? Hoek $\angle \alpha$ wordt bepaald door twee factoren, nml. door de ligging der fovea ten opzichte van de optische as en den afstand van het knooppunt tot de retina.

Indien onze waarnemingen juist zijn, moet dus bij den hypermetroop:

òf de fovea zeer lateraal liggen,

òf het knooppunt ver naar achteren,

òf de retina ver naar voren.

Werkelijk weten we:

Ten 1ste. dat de retina bij hypermetropen naar voren, bij myopen ver naar achteren ligt.

Ten 2de. dat de ligging van het knooppunt afhankelijk is van de brekende kracht van het oog. Nu zullen we zien, hoe het resultaat van andere zoowel als van onze eigene onderzoekingen aantoont, dat de lens van den hypermetroop een korteren brandpuntsafstand heeft, dan die van den myoop. Dus ligt het knooppunt bij den eerste ook verder achterwaarts.

Ten 3de. dat de fovea bij den hypermetroop verder verwijderd is van de optische as, door de afplatting, die de retina onderging. Wanneer we den afstand langs de retina gelijk nemen, is de kortste afstand der fovea tot de as grooter of kleiner naar gelang de kromming der retina minder of meer bedraagt, het oog minder of meer is uitgerekt.

Bij den myoop moet de uitrekking van het oog zelfs zoo

sterk kunnen zijn, en de verandering zoo ingrijpend, dat de fovea zelfs mediaal van de as komt te liggen en $\angle \alpha$ negatief wordt.

Over den Radius Corneae.

De eerste, die aan levende oogen den radius corneae poogde te meten, is, voorzoover ik kon nagaan, Thomas Young [1]) geweest.

Deze stelde de onderstelling voorop, dat de cornea een bolsegment zou zijn, en trachtte door meting van de koorde en de hoogte van het segment den straal van den bol te bepalen.

De koorde van het segment mat hij eenvoudig met eenen passer, de hoogte van het segment op de volgende merkwaardige wijze.

In een dicht vóór het gelaat gehouden spiegel bekeek hij met één oog het andere oog; daartoe moest het onderzoekende (b.v. het rechter) oog sterk naar binnen gewend worden, waarbij zich het linker oog dus ver naar buiten draaide.

Bij voldoende deviatie naar links kon hij met het rechter oog in den spiegel het linker geheel van terzijde waarnemen. Daar achter zag hij dan tevens het spiegelbeeld van den maatstaf, die achter het linker oog was opgesteld. Hij projicieerde nu den afstand van de iris tot den top der cornea op de daarachterliggende schaal en kon uit de zoo gevonden waarde, en met den afstand evenredige verkleining, de diepte van de voorste oogkamer berekenen.

Zoo vond Thomas Young door verdere berekening voor zijnen radius corneae: 7.87 mM.

---

[1]) Thomas Young. Phil. Transactions. 1801.

KRAUSE [1]) mat oogen geheel met den passer deels direct uitwendig, deels na halveering van het oog in eene eiwitoplossing; deze bewerkingen aan doode oogen kunnen ons echter bezwaarlijk vertrouwen doen stellen in de waarde zijner uitkomsten voor levende oogen.

Dezelfde fout kleeft aan alle waarnemingen aan doode oogen, ook, wanneer men, zooals BRÜCKE [2]) deed, de oogen eerst opspuit tot eene spanning, zooals die tijdens het leven heerscht.

Betrouwbaarder worden de waarnemingen van KOHLRAUSCH,[3]) die aan levende oogen den afstand der door de cornea ontworpen spiegelbeelden van twee zijdelings opgestelde lichtbronnen trachtte te bepalen.

Twee evenwijdige draden konden door middel van eene schroef zoo tot elkaar gebracht worden, dat de afstand der draden gelijk scheen aan dien der beide spiegelbeelden. Daarna werd op de plaats van het oog een millimeterschaal gesteld, waarop de afstand der draden werd afgelezen.

De te maken fout berekent KOHLRAUSCH op 0.02 mM., een bewijs dus van vrij nauwkeurige resultaten.

In 1851 publiceerde HELMHOLTZ de samenstelling en werking van zijnen ophthalmometer, een instrument tot nauwkeurige meting van kleine lineaire grootheden. In het kort zij hier de inrichting van dit uitstekende instrument herdacht.

De ophthalmometer is een kijker, waarvoor twee om een zelfde loodrechte as draaibare glazen platen staan, zoodat bij normalen stand de éene helft van het objectief door de éene, de andere helft door de andere plaat ziet.

---

1) KRAUSE. MECKEL'S Arch. f. Anat. u. Physiol. 1832. cit. CRAMER.
2) BRÜCKE. Beschreibung des menschl. Augapfels. cit. HELMHOLTZ.
3) KOHLRAUSCH. OKEN'S Isis. 1840. cit. HELMHOLTZ.

*

Staan de platen loodrecht op de as van den kijker, dan ziet men slechts één beeld van het beschouwde voorwerp; draait men de platen echter in tegengestelde richting, dan splitst het beeld zich in twee dubbelbeelden, wier onderlinge afstand te grooter is, naarmate de platen over eenen grooteren hoek gedraaid zijn. Dezen afstand kan men bepalen uit de hoeken, die de platen maken met de as van den kijker. Stelt men de dubbelbeelden van eene lijn, die men wil meten, aldus, dat ze in elkanders verlengde vallen en de uiteinden elkaar juist raken, dan is de lengte der lijn gelijk aan den afstand der beide dubbelbeelden.

Op deze wijze kan men dus de lengte eener lijn bepalen en dus ook de grootte van een beeld, dat de cornea van eenige daarvoor opgestelde lichtbronnen ontwerpt.

Kent men den afstand der tot voorwerp dienende lichtbronnen en den afstand van dezen tot het oog, meet men nu op de beschreven wijze de grootte van het cornea-beeld, dan is ook de straal van de spiegelende cornea te berekenen volgens de formule $r = \frac{2\ a\ b}{V - b}$ waarin r de straal van den spiegel, V de grootte van het voorwerp, b de grootte van het beeld, a de afstand van het voorwerp tot den spiegel is.

In navolging van dit toestel van Helmholtz hebben eenige onderzoekers andere toestellen geconstrueerd, waarin kleine wijzigingen zijn aangebracht.

Helmholtz mat de verschillende spiegelbeelden van éénzelfde voorwerp; men kan echter ook nagaan, hoe men het voorwerp veranderen moet om een spiegelbeeld van bepaalde grootte te verkrijgen. Men neme aan, dat de platen, zooals Helmholtz die gebruikte, onder eenen constanten hoek vast verbonden zijn; nu zal eene lijn eene vaste constante grootte

moeten bezitten, willen de dubbelbeelden van die lijn elkaar juist aanraken, want de verschuiving door de platen is constant en de grootte van het beeld is dan 2 maal die verschuiving, dus ook constant.

Bij elk oog kan men dan bepalen, hoe groot men het voorwerp moet maken om een spiegelbeeld te verkrijgen van zoodanige constante grootte, als overeenkomt met de dubbele verschuiving door het stel platen.

Bij alle proeven is dan b de constante grootheid, terwijl V in elke proef bepaald wordt. De bovengegeven formule blijft natuurlijk hier geldig, en leert ons uit deze b en V, in verband met den afstand van het voorwerp, hoe groot r is.

Dit principe vindt men vertegenwoordigd in de toestellen van JAVAL en SCHIÖTZ [1]) met deze bijzonderheid echter, dat de verdubbeling van het cornea-beeld niet door een stel glasplaten bewerkstelligd wordt, doch door het dubbelprisma van WOLLASTON.

Dit prisma is zóó gemaakt, dat het eene verschuiving der beelden van $1^1/_2$ mM. bewerkt naar weerskanten, zoodat het beeld dus 3 mM. groot is, wanneer de dubbelbeelden elkaar juist raken.

Aan eenen gegradueerden cirkelboog, die aan dit toestel bevestigd is, bevinden zich de verschuifbare witte schijven, wier onderlinge afstand tot voorwerp dient voor de spiegelende cornea.

Het is duidelijk, dat er nog meer methoden zijn om de verdubbeling tot stand te brengen; zoo zou men het objectief kunnen halveeren en de beide helften iets ten opzichte van elkaar kunnen verplaatsen.

De door mij gedane metingen werden allen naar de oorspronkelijke methode van HELMHOLTZ verricht.

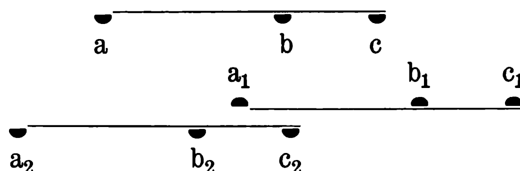
---

[1]) JAVAL-SCHIÖTZ, cit. STRAUB. Leerboek voor het Oogheelk. onderzoek.

Aan den ophthalmometer was eene houten dwarslat bevestigd, waaraan drie lampjes; het midden der twee gloeilampjes, die ter ééne zijde aan de lat bevestigd waren, bevond zich op gelijken afstand van den kijker als het derde lampje ter andere zijde, nml. op 40 cM.

De afstand van het onderzochte oog tot de lat, die de lampjes droeg, was 160 cM.

We zagen nu op de cornea drie spiegelbeeldjes, draaiden



de platen van den ophthalmometer zoo ver, dat a^1 juist kwam te liggen tusschen b^2 en c^2. Vervolgens lazen we den hoek, dien we de platen draaiden, met eenen verrekijker af, en vonden in eene met veel zorg gemaakte empirische tabel de dubbele verschuiving, die elke plaat teweeg bracht, d. i. dus den afstand van a tot het midden van b c.

Deze grootte zij β. Dan is dus de gezochte radius corneae:

$$r = \frac{2\,a\,\beta}{V-\beta} = \frac{320\ \beta}{80-\beta}$$

want a is de afstand der lichten tot het onderzochte oog = 160 cM. en V is de grootte van het beschouwde voorwerp = de afstand van het ééne gloeilampje tot het midden der beide andere lichtjes.

Op deze wijze was de straal dus zeer eenvoudig te berekenen.

Nu werden aan elk oog 10 waarnemingen gedaan, soms meer, waarbij dan twee hoogste en twee laagste waarnemingen als foutief werden verwijderd. Van de overige hoeken die werden afgelezen, werd de gemiddelde gezocht en bij deze de bijbehoorende grootte van het beeld in de

genoemde empirische tabel. De radius werd dan berekend in honderdsten van millimeters.

De verst uiteenloopende waarnemingen gaven eenen radius, die gewoonlijk $\pm$ 0.03 mM. van den gemiddelde afweek, hetgeen dus wees op een fout van $\pm$ 0.4 $^0/_0$.

De resultaten onzer bepalingen van den radius corneae in horizontale en verticale meridianen zijn weergegeven in de bijgevoegde tabel:

Radius corneae.

	horizontale meridiaan			verticale meridiaan		
	emme-troop	hyperme-troop	myoop	emme-troop	hyperme-troop	myoop
aantal oogen	22	22	22	.22	22	22
hoogste	8.34	8.22	8.10	8.45	8.06	7.956
laagste	7.12	6.82	7.448	7.12	6.84	7.21
gemiddelde	7.777	7,66	7.666	7.789	7.556	7.55

We zien hieruit eene merkwaardige overeenstemming tusschen de radii van myopen en hypermetropen. Hieruit volgt eensdeels de bevestiging van de reeds door DONDERS [1]) uitgesproken stelling, dat in het algemeen de radius corneae niet de oorzaak is der ametropie; ter andere zijde volgt hieruit, dat de radius corneae geen streven naar correctie der afwijking verraadt.

We mogen echter de hoogere waarden, die we bij den emmetroop vonden, niet over 't hoofd zien. We kunnen de oorzaak voor dit verschil slechts zien in het geringe aantal der door ons gedane metingen, op gevaar van daarmee ook de conclusies, uit de andere cijfers getrokken, minderwaardig te maken. Toch meenen we vooral met het oog op de resultaten van vroegere onderzoekers onze conclusies te moeten handhaven.

---

[1]) DONDERS. On the Accommodation and Refraction of the eye.

Vergelijken we beide meridianen, dan blijkt, dat de verticale meridiaan in alle refractietoestanden behalve bij emmetropen iets sterker gekromd is dan de horizontale meridiaan.

Ook dit stemt met vroegere waarnemingen overeen en met het feit, dat bij de meeste menschen een corneaalastigmatisme bestaat met de as van sterkste breking in den verticalen meridiaan.

De conclusies, uit onze cijfers getrokken, stemmen dus overeen met die van andere onderzoekers.

Merkwaardig echter is het verschil tusschen de absolute waarden, door verschillende onderzoekers gevonden.

Ik zal hier doen volgen een lijstje van de gemiddelde radii corneae, zoals die door hen werden bepaald, onder bijvoeging van het aantal der personen, waaruit dat gemiddelde werd berekend. Alleen de cijfers, die van personen van ongeveer gelijken leeftijd afkomstig zijn, zijn hier vermeld:

			Emmetropen.		Myopen.		Hypermetropen	bepaald met ophthalmometer
Helmholtz [1])			7.338 7.646 8.154					
Donders [2])	mannen	27	gem. 7.78_5	25	gem. 7.874	26	gem. 7.96	„
	vrouwen	11	„ 7.719	12	„ 7.876	15	„ 7.767	„
Woinow [3])		5	„ 7.52					
Reuss [4])		6	„ 7.44	21	„ 7.52	3	„ 7.39	„
		42	„ 7.66					
Mauthner		12	„ 7.71	32	„ 7.584	26	„ 7.63	„
Schiötz [5])		470	„ 7.94	328	„ 7.88	59	„ 7.98	Javal-Schiötz
Plantenga		26	„ 8.12	30	„ 8.13	43	„ 8.29	„
Horstmann [6])		19	„ 7.78	13	„ 7.78	9	„ 7.91	„
Nordenson			7.89		7.73		7.9	„
Javal			7.94		7.83			
Laqueur [7])				16	„ 8.06	7	„ 8.14	„

1) Arch. f. Ophth. I.
2) Accommod. and Refraction of the eye.
3) Kl. Mon. Bl. f. Augenh. VII. 1869.
4) Arch. f. Ophthalm. XXIII. 1877.
5) Arch. f. Augenheilk. XVI. 1886.
6) Onderzoekingen Physiol. Lab. Utrecht. 1880.
7) Arch. f. Ophthalm. XXX.

Hoe moeten we deze uiteenloopende waarden verklaren?

Reuss vestigde de aandacht op deze verschillen, speciaal op die tusschen de uitkomsten van Donders en van hem zelf. Hij vermoedt, dat hier raseigenaardigheden in het spel zijn en brengt de hooge cijfers van Donders in verband met eenen forscher lichaamsbouw der Hollanders.

Plantenga, die blijkens de tabel voor r zeer hooge waarden vond, vestigt daarop de aandacht en zoekt de verklaring in eene mindere volkomenheid van het door hem gebruikte toestel van Javal tegenover den ophthalmometer van Helmholtz.

Het is dan ook duidelijk, dat het verschil eenen grond moet hebben òf in de toestellen òf in de individuen. We zouden de verklaring misschien kunnen zoeken in het feit, dat de lichtbronnen met betrekking tot den afstand van het toestel van het oog bij den kijker van Javal zooveel verder uiteenliggen dan bij den ophthalmometer.

Hierdoor toch meet men den radius van een meer peripheer gedeelte van de cornea.

Hoe grooter het voorwerp, des te meer periphere deelen komen in het spel en des te grooter waarden zullen we voor den straal vinden, omdat de cornea in de peripherie minder sterk gekromd is dan in het midden.

Eene tweede reden voor het verschil der uitkomsten kan gelegen zijn in het toepassen der benaderingsformule $r = \frac{2\,p\,\beta}{V}$. De meeste onderzoekers gebruikten niet de ware formule $r = \frac{2\,p\,\beta}{V - \beta}$, maar de benaderingsformule $r = \frac{2\,p\,\beta}{V}$, die uitgaat van de onderstelling, dat het voorwerp op oneindigen afstand gelegen is en dus het beeld in het midden van den straal.

Deze benadering zal bij den toestel van JAVAL tot eene grootere fout aanleiding geven dan bij den toestel van HELMHOLTZ, omdat de afstand van het voorwerp tot het oog in het eerste geval nog veel kleiner is dan in het tweede geval.

Was deze afstand bij JAVAL 80 cM. en bij HELMHOLTZ 160 cM., dan zal de fout resp. circa $^1/_2$ % en $^1/_4$ % bedragen van de volle waarde van den radius corneae. De toestel van JAVAL kan krachtens deze fout waarden gegeven hebben, die ongeveer 0.03 mM. te hoog zijn.

De verschillen zijn echter te groot, om alleen op de aangegeven wijze verklaard te kunnen worden. Er zullen dus nog andere fouten in de toestellen moeten schuilen, of wel de oorzaak moet worden gezocht bij de patienten, in raseigenaardigheden misschien. Zeker zou het geene groote verbazing wekken, indien de radius corneae bij verschillende rassen om een ander gemiddelde schommelde. De gegevens om dit uit te maken, ontbreken ons echter.

OVER DE DIEPTE DER VOORSTE OOGKAMER.

Ook voor de bepaling van de diepte der voorste oogkamer zijn verschillende methoden gebruikt.

Hoe THOMAS YOUNG [1]) te werk ging, zagen we bij de bespreking zijner meting van den radius corneae.

Reeds vroeger had PETIT [2]) bepalingen gedaan aan doode oogen. Hij mat met eenen passer den afstand van den top der cornea tot het achterste punt van den oogbol en vervolgens na afpraepareeren van de cornea ook den afstand tusschen de vóórste lensvlakte en hetzelfde punt. Het verschil dezer beide afstanden gaf de diepte van de voorste oogkamer aan.

---

[1]) THOMAS YOUNG. Philos. Transactions. 1801.

[2]) PETIT. Mémoires de l'Acad. des Sciences de Paris. 1723. cit. CRAMER.

Of wel hij mat met den passer den afstand van den top der cornea tot het achterste lensvlak en trok hiervan de dikte der cornea en de dikte der lens af.

Eene derde methode die hij voor hetzelfde doel toepaste, bestond in de bepaling van den radius corneae en van den diameter der iris. Beschouwde men nu de iris weder als de koorde van den bol, waarvan de cornea een segment was, dan kon men uit deze beide waarden den sinus versus, d. i. de diepte der voorste oogkamer, berekenen.

Cramer [1]) vermeldde deze proeven en wees op de voornaamste daaraan klevende fouten. Zelf bepaalde hij zich tot eene nauwkeurige bepaling van de welving der vóórste lensvlakte en hare ligging ten opzichte der iris; hij geeft echter geene betere methode aan voor het meten der voorste oogkamer.

Brücke [2]) verrichtte ook vele metingen aan het menschelijk oog en nam daarbij de voorzorg het doode oog op te spuiten tot eene spanning, zooals die heerscht in het levende oog.

Toch kunnen ook deze proeven evenmin als die van Krause [3]) ons vertrouwen winnen, omdat de waarborgen ontbreken, dat alle afmetingen na den dood gelijk gebleven zijn aan die tijdens het leven.

Aan het levende oog werden de eerste metingen verricht door Helmholtz [4]).

Wanneer vóór het oog een lichtbron geplaatst is, en de plaats van dit licht ten opzichte der gezichtslijn, en dus ook ten opzichte van de optische as bekend is, dan kan men de

---

[1]) Cramer. Tijdschr. der Maatsch. t. Bev. der Gen. 1852.
[2]) Brücke. Beschreibung des menschl. Augapfels. 1847.
[3]) Krause. Poggendorff's Ann. T. XXXI.
[4]) Helmholtz. Graefe's Archiv f. Ophthalmol. I.

ligging bepalen van het spiegelbeeld, dat de cornea van dit licht ontwerpt. We nemen de ligging van dit beeld voortaan bekend aan.

Zoekt men nu eenen zoodanigen stand van het licht, het viseerpunt en den ophthalmometer, dat men van de door dezen laatste ontworpen dubbelbeelden het ééne met den éénen pupilrand, het andere met den anderen pupilrand kan doen samenvallen, dan volgt daaruit, dat van uit den kijker gezien het corneabeeld perspectivisch achter het midden der pupil gelegen is.

Men verricht nu eene tweede gelijksoortige waarneming, waarbij men uit eene andere richting in het oog van den patient ziet, en verkrijgt aldus eene tweede rechte lijn, waarop het schijnbare midden der pupil gelegen is. Het kruispunt der beide aldus gevonden lijnen is dus het schijnbare midden der pupil. Constructie of berekening leert ons nauwkeurig de ligging van dit punt ten opzichte van de cornea kennen.

Later gaf HELMHOLTZ eene andere methode aan, die door MANDELSTAMM en SCHÖLER [1]) werd toegepast.

Tusschen het oog van den patient en een horizontaal gesteld mikroskoop is een spiegeltje geplaatst onder eenen hoek van 45^0. Ter zijde hiervan staat eene convexe lens en dicht achter deze eene lichtbron.

De lens is verschuifbaar en ontwerpt een beeld van het licht op eenen afstand, dien we willekeurig kunnen regelen door de verschuiving der lens. De lichtstralen van dit beeld worden door het spiegeltje op het oog geworpen; de cornea vereenigt deze stralen weder in een spiegelbeeld achter hare oppervlakte. De ligging van dit spiegelbeeld is, zooals uit de beschrijving volgt, afhankelijk van den stand der boven-

[1]) MANDELSTAMM u. SCHÖLER. Arch. f. Ophthalmol. XVIII.

genoemde lens. We kunnen deze lens dus zóó plaatsen, dat we door het mikroskoop het door de cornea ontworpen spiegelbeeld gelijktijdig scherp zien met den rand der iris.

De ligging van dat beeldje en dus ook van de iris is dan gemakkelijk te berekenen uit den onderlingen stand van de lichtbron, de lens, den spiegel en het oog en den krommingsstraal der cornea. MANDELSTAMM en SCHÖLER deden met dit toestel twee waarnemingen.

REUSS [1]) die het later bestelde, vond het zeer onhandig en legde het spoedig ter zijde. Door REICH [2]) werd het echter weder verkozen boven de eerste methode van HELMHOLTZ en werden er minder uiteenloopende waarden mede gevonden dan die van REUSS.

In 1873 vertoonde DONDERS op het congres te Londen eene nieuwe methode.

Hij stelde een mikroskoop scherp in op de oppervlakte der cornea, op welke hij calomel had gepoederd, en bepaalde nu den afstand, dien het mikroskoop moest worden verschoven, totdat de iris scherp gezien werd. Deze verschuiving was dus gelijk aan de schijnbare diepte der voorste oogkamer. Een mikrometerschroef stelde DONDERS in staat de verplaatsing zeer nauwkeurig te regelen en te meten.

Met dit toestel werden metingen gedaan door HORSTMANN [3]), die er nog kleine verbeteringen aan toevoegde.

Een vóór het mikroskoop hangend klein spiegeltje weerkaatste het licht van eene vlam. Het spiegelbeeld diende den patient tot fixeerpunt en werd zoo gesteld, dat de optische as van het oog met de as van het mikroskoop samenviel.

---

[1]) REUSS. Arch. f. Ophthalm. XXIII.
[2]) REICH. Arch. f. Ophthalm. XX.
[3]) HORSTMANN. Onderz. Physiol. Labor. Utrecht. 1880.

De lichtsterkte der vlam regelde tevens de wijdte der pupil, die constant 4 mM. werd genomen.

In plaats van calomel werd ook eiwitschuim op de cornea gebracht, of ook werd de verschuiving gemeten, die noodig was om na instelling op de iris niet op de cornea zelve, maar op het beeldje scherp in te stellen, dat de cornea ontwierp van de bovengenoemde tot fixeerpunt dienende vlam. Dit beeldje was natuurlijk op eenen nauwkeurig te berekenen afstand van de cornea gelegen. Bepaalde men dus den afstand der schijnbare pupil tot dit beeld, dan kende men ook de diepte der voorste oogkamer.

De stand van het mikroskoop moet dus tweemaal worden afgelezen; het oog mag in dien tusschentijd niet bewegen; de eenvoudige fixatie van het hoofd bleek hiervoor voldoende te zijn. HORSTMANN bracht echter toch nog eenen wijzer aan, die bij druk op een knop, nadat men op de cornea had ingesteld, naar het 0-punt der schaal bewogen werd; stelde men vervolgens op de iris in, dan wees de wijzer direct de plaats gehad hebbende verschuiving aan. Aldus was de meting aanmerkelijk verkort, en de kans op verplaatsing van het oog verminderd. Ditzelfde apparaat werd ook door PLANTENGA [1]) voor eene reeks waarnemingen gebruikt.

TSCHERNING [2]) bepaalde de diepte der voorste oogkamer met behulp van zijnen ophthalmophakometer. Het zou ons te ver voeren deze methode hier geheel te beschrijven; theoretisch is ze zeker zeer eenvoudig en mooi gedacht; in uitvoering schijnt ze eenige bezwaren te kunnen geven, omdat de zoo diffuse en lichtzwakke beeldjes der lensvóórvlakte daarbij worden gebruikt.

---

1) PLANTENGA. Tijdschr. v. Geneesk. 1898. I. 10.

2) TSCHERNING. Optique Physiologique. 1898.

We zullen thans overgaan tot de beschrijving onzer metingen van de diepte der voorste oogkamer, die verricht werden volgens de oorspronkelijke methode van HELMHOLTZ.

Het hoofd van den patient steunde weder in den bovengenoemden standaard; een electrisch gloeilampje was op een afstand van 160 cM. vóór het oog opgesteld, boven het 0-punt van een naar beide zijden gegradueerden maatstaf, en op dezen maatstaf rustte een verschuifbaar fixeerpunt.

De ophthalmometer werd aan het einde der schaal geplaatst op ongeveer 50 à 55 cM. van het nulpunt verwijderd. Het fixeerpunt werd vervolgens heen en weer bewogen, totdat men het spiegelbeeld van het electrische licbt in het midden der pupil zag, onder contrôle der beeldverdubbeling door de draaiing der glasplaten van den ophthalmometer, zooals die ook bij de bepaling van den hoek α werd toegepast.

De pupilranden waren vaak niet scherp te zien; daarom plaatsten we eene lamp vóór, ter zijde en iets boven het te onderzoeken oog ter verlichting der pupilranden. Deze lamp had echter het nadeel slechts éénen rand goed te verlichten, den anderen in schaduw te laten, waardoor eene nauwkeurige instelling soms toch nog vrij moeilijk was. Bovendien was deze lamp hooger gesteld dan het onderzochte oog, opdat haar corneabeeld niet hinderlijk zou zijn bij de beschouwing van het beeld der electrische lamp.

We deden weder 10 waarnemingen aan elk oog en zochten hieruit den gemiddelden afstand, waarop het fixeerschermpje na de instelling van het nulpunt verwijderd was.

Vervolgens werd de ophthalmometer aan het andere einde der schaal geplaatst en werden van hier uit 10 gelijksoortige waarnemingen gedaan.

Stond dus het fixeerpunt in het eerste geval gemiddeld a cM. van het nulpunt verwijderd, dan maakte de gezichtslijn eenen hoek met de verbindingslijn tusschen oog en electrische lamp, waarvan de tangens was $= \frac{a}{160}$. Door hiervan den hoek α (d. i. den hoek tusschen de gezichtslijn en de optische as) af te trekken, leerde men den hoek kennen, dien de verbindingslijn van het oog en de lichtbron met de optische as maakte. De afstand van het licht tot het oog was 160 cM., de hoek tusschen deze verbindingslijn en de optische as zij $\angle \varepsilon$, dan was de afstand van het licht tot de optische as $= 160 \sin \varepsilon$. Uit dezen afstand en den afstand $160 \cos \varepsilon$ was nu met behulp van den bekenden corneastraal de ligging te bepalen van het spiegelbeeld der lichtbron achter de cornea en terzijde van de optische as. Bij beide standen van den ophthalmometer kunnen we den stand van het oog en de ligging van dit spiegelbeeld op de even besproken wijze construeeren; we kennen dan ook natuurlijk de verbindingslijnen dezer punten met den ophthalmometer in zijne beide standen en kunnen vervolgens het snijpunt dezer lijnen, d. i. het midden der door de cornea geziene pupil, bepalen.

Door constructie of door berekening kan men zoo tot zijn doel geraken.

Onze cijfers werden door berekening verkregen met behulp der navolgende formules:

$$z = \frac{R}{2} - \frac{\beta_1 + \beta_2}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} \qquad x = \frac{F_2}{F_1 + z} z$$

$$n = \frac{\beta_1 \operatorname{tg} \alpha_2 - \beta_2 \operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2} \qquad y = \frac{F_2 - x}{F_2} n$$

waarin z en x den schijnbaren en waren afstand van het

pupilmidden tot de cornea voorstellen; n en y den schijnbaren en waren afstand van hetzelfde punt tot de optische as;

R, F_1 en F_2 den straal en de hoofdbrandpuntsafstanden der cornea;

α_1 en α_2 de hoeken, die de verbindingslijnen van het oog met den ophthalmometer in zijne beide standen met de optische as maken;

en β_1 en β_2 de afstanden van het corneabeeld der lichtbron tot de optische as voor de beide standen van den ophthalmometer.

Tenslotte dient hier gewezen te worden op een nadeel dezer methode.

Ons doel was de bepaling van de diepte der voorste oogkamer bij ontspanning der accommodatie. We kunnen dit doel met de methode van HELMHOLTZ bereiken, indien we van de onderstelling uitgaan, dat het fixeeren van het schermpje op den afstand van 160 cM. geene inspanning der accommodatie vereischt.

Voor emmetropen en myopen is deze onderstelling geoorloofd; voor den hypermetroop echter mogen we niet aannemen, dat het oog bij het zien naar het fixeerschermpje zijne accommodatie ontspant.

Een hypermetroop van 6 D. zal meer dan de helft zijner accommodatie ten bedrage van $6^2/_3$ D. te hulp moeten roepen om het schermpje nauwkeurig te fixeeren.

Deze fout der methode werd te laat door ons herkend, zoodat we deze bij de bespreking onzer resultaten in rekening zullen moeten brengen.

Hoe hadden we deze fout kunnen vermijden?

Den tonus van den musculus ciliaris wilden we niet

opheffen; een mydriaticum konden we dus niet indruppelen. Evenmin konden we den patient eenen bril opzetten. Wellicht hadden we het bezwaar kunnen opheffen door een positief glas te plaatsen vóór het te fixeeren punt, op zoodanigen plaats en van zoodanige sterkte, dat de patient ter nauwkeurige fixatie geene accommodatie behoefde. Deze lens zou natuurlijk steeds loodrecht moeten staan op de verbindingslijn van het oog met het schermpje om eene prismatische werking der lens buiten te sluiten. Ook dan echter zouden aan deze methode nog eenige bezwaren kleven, die ons nopen een oordeel over hare doelmatigheid uit te stellen.

Het resultaat der volgens de hierboven aangegeven methode gedane metingen van de diepte der voorste oogkamer vindt men in de tabellen opgeteekend. Hier zijn weder in het kort aangegeven de gemiddelde waarde en de grenswaarden, die wij bij de personen van verschillende refractie aantroffen.

Diepte der voorste oogkamer.

	emmetropen	hypermetropen	myopen
hoogste	4.39 mM.	3.9095 mM.	4.4332 mM.
laagste	2.764 „	2.896 „	3.49 „
gemiddelde	3.666 „	3.437 „	3.897 „

Uit deze cijfers volgt, dat de gemiddelde diepte geringer is bij den hypermetroop dan bij den myoop, dat ook de hoogste en laagste waarden, die we bij hypermetropen aantroffen, ver onder de hoogste en laagste waarden der myopen blijven. De emmetropen nemen een gemiddelde plaats in.

Direct dringt zich nu echter de vraag aan ons op, of de lagere cijfers der hypermetropen ook verklaard kunnen worden door de onvolledige ontspanning hunner accommodatie. Voor emmetropen kunnen we dezelfde vraag stellen; onder dezen zullen immers zeer waarschijnlijk eenige personen voorkomen met eene latente hypermetropie (Falkenburg). Slechts van

de myopen kunnen we met zekerheid verwachten, dat zij niet hebben geaccommodeerd.

Willen wij nagaan, welken invloed de accommodatie uitoefent op de diepte der voorste oogkamer, dan staan ons daarbij een aantal waarnemingen van vroegere onderzoekers ten dienste, die in het bijgevoegde lijstje verzameld zijn:

Diepte der voorste oogkamer.

	zonder accommodatie	met accommodatie	verschil
HELMHOLTZ [1])	4.0241	3.664	0.360
	3.597	3.157	0.44
	3.739		
KNAPP [2])	3.6924	3.1343	0.5581
	3.7073	3.1533	0.554
	3.4774	2.8295	0.6479
	3.5786	2.9432	0.6354
MANDELSTAMM	3.7097	3.4606	0.2491
und SCHÖLER [3])	3.539	2.9504	0.585
REICH	3.654	3.3924	0.2616
	3.798	3.3234	0.4746
	3.6516	3.2626	0.389
WOINOW [4])	3.6175	3.003	0.6145
ADAMÜCK, WOINOW [5])	3.237	2.9898	0.2472
	2.8997	2.488	0.4117
	3.633	3.077	0.557
	3.998	3.295	0.703
WOINOW	4.128	3.687	0.441
	4.175	3.64	0.535
	3.814	3.47	0.344
	3.617	3.003	0.614
	3.589	3,012	0.577

Hieruit een gemiddelde berekend, vinden we, dat de diepte der voorste oogkamer tijdens de accommodatie gemiddeld 0,4856 mM. kleiner wordt.

1) Arch. f. Ophth. I.
2) Arch. f. Ophth. VI.
3) Arch. f. Ophth. XVIII.
4) Klin. Mon. Bl. VII.
5) Arch. f. Ophth. XVI.

GROSSMANN [1]) vond bij eenen patient met aniridie eene vóórwaartsbeweging der lensvóórvlakte van 0.5 mM. TSCHERNING echter ontkent desniettemin een ondieper worden bij accommodatie. Hij kon de waarneming van HELMHOLTZ, de vóórwaartsche verschuiving der lensvóórvlakte niet bevestigen, zag slechts eene andere eigenaardige vormverandering der oogkamer. Volgens hem wordt de lens aan de peripherie platter bij accommodatie en volgt in aansluiting hieraan eene achterwaartsche beweging van de buitenste zone der Iris. Het centrum der lens en het centrale deel der Iris zouden zich volgens hem niet verplaatsen.

Nemen we in aanmerking, dat TSCHERNING blijkens zijn boek slechts aan één oog gepoogd heeft HELMHOLTZ' waarneming te controleeren en met zijne opvatting vele exacte metingen van nauwkeurige onderzoekers in strijd zijn, dan voelen we eenen sterken twijfel aan TSCHERNING's opvatting rijzen.

In aansluiting aan HELMHOLTZ, KNAPP, e.a. nemen we aan, dat de lensvóórvlakte bij de accommodatie ongeveer 0.5 mM. naar voren komt.

Wanneer nu de gemiddelde hypermetropie onzer hypermetropen 5 D. bedroeg, en de leeftijd gemiddeld 20 jaar was, dan moeten zij van de 10 D. accommodatie, die een 20-jarige gewoonlijk tot zijne beschikking heeft, ruim 5 D., d. i. de helft hebben ingespannen.

Veronderstellen we, dat het ondieper worden der voorste oogkamer gelijken tred houdt met de sterkte der accommodatie, dan zou de diepte onzer hypermetropen 0.25 D. ondieper gevonden moeten zijn, dan in toestand van rust.

Bij volkomen ontspanning der accommodatie bedroeg de

[1]) GROSSMANN. Ophthalm. Review. XXIII. 1904.

gemiddelde diepte bij hypermetropen dus vermoedelijk 3.437 + 0.25 = 3.687 mM. Dan is ze echter toch nog 0.20 mM. ondieper dan die der myopen.

Wij concludeeren dus, dat de diepte der vóórste oogkamer van hypermetropen in het algemeen geringer is, dan die van myopen, dat dit verschil echter niet groot is, vermoedelijk ongeveer 0.20 mM. bedraagt.

Wat vonden andere onderzoekers met betrekking tot dit punt?

DONDERS [1]) deelt mede, dat bij den myoop de lens verder naar achteren ligt dan bij den hypermetroop en dat dus de ligging der lens de refractie-anomalie eer compenseert, dan te voorschijn roept.

Dezelfde metingen werden ook verricht door:

	Emmetropen	Myopen	Hypermetropen
REUSS	bij 6 (2.84—3.23)	bij 3 (2.47—3.28)	bij 21 (3.08—3.86
HORSTMANN	„ 19 gem. 3.066	„ 9 gem. 3.09	„ 13 gem. 3.266
PLANTENGA	„ 26 „ 3.036	„ 43 „ 2.865	„ 30 „ 3.267

HORSTMANN onderzocht zeer zwakke, PLANTENGA zeer sterke graden van ametropie. Deze vond als gemiddelde bij de 10 sterkste hypermetropen, allen van ± 5 D., eene diepte van 2.869 mM., die dus niet noemenswaard afwijkt van het gemiddelde der waarnemingen, door hem bij alle hypermetropen gevonden. Hij concludeert hieruit, dat de graad der hypermetropie niet van invloed is op de diepte der voorste oogkamer, dat alleen het type der refractieanomalie de meerdere of mindere diepte beheerscht.

We dienen nu echter in het oog te houden, dat de fout, die wij bij onze proeven maakten door de onvoldoende ontspanning der accommodatie, ook door die andere onderzoekers

[1]) Refraction and Accommodation 1864.

is gemaakt, hoewel zij verzuimen er op te wijzen. Brengen wij bij hen deze fout in rekening, dan vervalt het verschil tusschen de emmetropen en de hypermetropen; bij de myopen echter behoudt de diepte der voorste oogkamer eene hoogere waarde, hoewel zij de andere waarden wel niet veel meer dan 0.25 mM. zal overtreffen.

Kunnen de verschillen, die tenslotte toch nog blijken te bestaan, nu niet berusten op fouten onzer methode? Geheel kunnen we de mogelijkheid hiervan niet ontkennen. Toch pleit voor de betrouwbaarheid onzer uitkomsten, dat bij twee personen, waar we tweemaal eene meting verrichtten, de eerste en de tweede meting resp. 0.20 en 0.02 mM. verschilden. Dit maakt het onwaarschijnlijk, dat het gevonden verschil tusschen myopen en hypermetropen van minstens 0.25 mM. geheel door fouten der methode zou zijn veroorzaakt.

Wat kan dan verklaren de verschillen in diepte der voorste oogkamer bij de personen van verschillende refractie? Ze moeten afhankelijk zijn van verschillen in ligging der vóórste lensvlakte, en deze wordt beheerscht door de kromming der voorste lensvlakte en de ligging der lens.

Welke dezer beide laatste factoren is hier in het spel?

We zullen later zien, dat er een verschil in kromming bij personen van verschillende refractie bestaat; en daar nu eene kleine verandering der lenskromming theoretisch reeds eene vrij belangrijke vóórwaartsbeweging der vóórste lensvlakte ten gevolge heeft, schijnt het ons het eenvoudigst toe de diepteverschillen der voorste oogkamer te stellen op rekening van de meerdere kromming der lens.

Resumeerende, vonden we dus bij myopen eene diepere vóórste oogkamer dan bij emmetropen en hypermetropen, en meenen we deze te moeten toeschrijven aan de geringere

kromming der vóórste lensvlakte bij den myoop tegenover de sterkere kromming bij den emmetroop en hypermetroop, waarvan we het bestaan in onze volgende waarnemingen hebben geconstateerd. Voor deze opvatting vinden we eenen sterken steun in onze curven, die aan het einde van dit hoofdstuk uitvoerig besproken zullen worden. We zien daar dat de lijn, die bij de hypermetropen de diepte der voorste oogkamer aanwijst, bijna volkomen paralel loopt aan de lijn, die ontstaat bij graphische aanteekening van de radii der vóórste lensvlakte. Bij eenen kleinen lensstraal vonden we eene geringe diepte der voorste oogkamer en omgekeerd, waarin we het bewijs vinden voor de afhankelijkheid van de diepte der voorste oogkamer van den straal der lens.

Bij de bepaling der ligging van het midden der pupil, vonden we, dat dit in 3 van de ruim 60 door ons onderzochte oogen temporaal van de optische as gelegen was. In alle andere gevallen lag het aan de nasale zijde.

Vermelden we hier weder de gemiddelde, de hoogste en laagste waarden die we bij verschillende refractiën aantroffen, dan blijkt, dat:

Afwijking van het pupilmidden nasaal van de opt. as.

	Emmetropen.	Hypermetropen.	Myopen.
Hoogste	0.3443	0.2303	0.3658
Laagste	0.031671	0.0186	0.1796
Gemiddelde	0.1763	0.1175	0.1796

Ook andere onderzoekers toonden reeds aan, dat het midden der pupil meestal nasaal van de optische as was gelegen. Dit is eene waarneming van belang; want, indien het midden der pupil juist in de as gelegen ware, zou de gezichtslijn dus steeds aan de nasale zijde verloopen en zou dus bijna iedereen bij het zien naar in één vlak gelegen roode en blauwe punten de roode vóór de blauwe moeten zien. Dit

volgt uit de verklaring, die EINTHOVEN heeft gegeven van het verschijnsel, dat verschillende in één vlak gelegen kleuren gewoonlijk den indruk geven niet in één vlak te liggen. Bij zijne proeven bleek, dat ongeveer de helft zijner patienten rood vóór blauw, de helft blauw vóór rood zag. Dan moest ook het midden der pupil volgens hem even vaak nasaal als temporaal van de gezichtslijn liggen, en dus in den regel nasaal van de optische as, daar deze vrijwel steeds temporaal van de gezichtslijn verloopt.

Deze beschouwing, die we uit de proeven van EINTHOVEN afleiden, stemt geheel overeen met het resultaat onzer waarnemingen, dat werkelijk het midden der pupil meestal nasaal van de optische as ligt.

Bij drie patienten echter vonden we de optische as nasaal van het midden der pupil; daar de gezichtslijn nasaal van de optische as verloopt, liep ze in ieder geval ook nasaal van het midden der pupil.

Volgens EINTHOVEN zouden dus deze 3 patienten beslist de roode punten vóór de blauwe moeten zien. Bij onderzoek bleek dit in één geval zoo te wezen, eene bevestiging dus van de verklaring, die EINTHOVEN van het merkwaardige verschijnsel heeft gegeven. De twee anderen twijfelden.

STRAAL DER VÓÓRSTE LENSVLAKTE.

Beginnen we weder met in het kort aan te stippen de methoden, die voor het meten van den straal der vóórste lensvlakte zijn gebruikt, dan is het weder HELMHOLTZ, dien we moeten noemen als den eerste, die eene bruikbare methode uitdacht en in toepassing bracht. Daar de beelden, die de vóórste lensvlakte van lichtbronnen ontwerpt, zoo diffuus en zoo lichtzwak zijn, kunnen we hier niet dezelfde

methode in toepassing brengen, die we gebruikten bij de bepaling van den radius corneae. HELMHOLTZ zocht dus eene andere methode en ging aldus te werk.

HELMHOLTZ plaatste vlak vóór het oog een horizontaal spiegeltje en op eenigen afstand twee lampen, waarvan de sterkste vast, de zwakste verstelbaar was. Het spiegeltje geeft beelden van deze lichtbronnen even ver beneden het niveau van den spiegel, als de lichten er boven staan.

De vaststaande en sterkste lichtbron en haar spiegelbeeld dienden tot voorwerp, waarvan de vóórvlakte der lens een spiegelbeeld ontwerpt; het beeld, dat de cornea van deze beiden vormt, was voor de bepaling van geen belang. De cornea geeft ons bovendien beelden van de beide zwakkere lichtbronnen, wier afstand door verschuiven der kleine lamp te wijzigen is. Men stelle deze laatste nu zoodanig, dat hare beide cornea-beelden op gelijken afstand van elkaar staan, als de lensbeelden der groote lamp.

De spiegeling door de vóórste lensvlakte is afhankelijk van de kromming dier lensvlakte en van de krommingen van het daar vóór liggende brekende stelsel. De hoofdbrandpunts-afstand van dit samengestelde stelsel en de hoofdbrandpunts-afstand der cornea zullen zich verhouden omgekeerd als de grootte der voorwerpen, wanneer we, zooals hierboven vermeld, hunne spiegelbeelden gelijk groot hebben doen worden.

Het is duidelijk, dat we dan de gegevens bezitten tot het berekenen van den straal der vóórste lensvlakte.

We kennen de grootte onzer uit 2 lichtbronnen bestaande voorwerpen, we kennen den hoofdbrandpunts-afstand der cornea, dan kunnen we dus den hoofdbrandpunts-afstand bepalen van het uit cornea en lensvóórvlakte samengestelde spiegelende systeem. Uit dezen brandpunts-afstand, den straal

der cornea en de diepte der voorste oogkamer kunnen we nu den straal der vóórste lensvlakte berekenen.

De onderzoekers, die na HELMHOLTZ bepalingen van den radius lentis verrichtten, gebruikten bijna uitsluitend dezelfde methode; slechts stonden hun betere lichtbronnen ter beschikking.

Ook TSCHERNING paste dezelfde methode toe met dit verschil, dat hij geenen spiegel behoefde ter verdubbeling zijner lichtbronnen, daar hij inplaats daarvan twee paren van lichtbronnen in gebruik nam, wier afstand naar willekeur kon worden gewijzigd.

Gaan we thans over tot de beschrijving onzer eigene metingen, zooals die naar het voorbeeld van HELMHOLTZ werden gedaan.

Nadat gebleken was, dat de lens van gasgloeilicht en electrisch gloeilicht spiegelbeelden ontwierp, die door geringe lichtsterkte en diffuse omtrekken zich niet leenden tot nauwkeurige instelling, werd eene electrische booglamp in gebruik genomen.

Nu werd op de tafel van onderzoek eene lijn getrokken, waarlangs we de optische as van het oog wilden doen vallen; op eenige meters afstand werd eene kleine gasvlam als fixeerpunt opgesteld zoo ver ter zijde dat de hierop gerichte gezichtslijn eenen hoek α maakte met de eerstgetrokken lijn.

Ter ééne zijde van deze streep staan naast elkaar in de loodlijn op de optische as, de booglamp en een langs eenen verticalen maatstaf met eene cremaillère verschuifbaar gloeilampje.

Beide deze lichten stonden op $\pm$ 80 à 100 cM. vóór het oog van den patient.



Vlak vóór het oog van het in den houder gefixeerde hoofd staat een met drie schroeven verstelbaar tafeltje, waarop een klein metaalspiegeltje ligt.

De spiegelbeelden, die van de groote en de kleine lamp door dit spiegeltje worden ontworpen, moeten hunne stralen in het oog op de lensvlakte werpen. Het gunstigst is daarvoor, dat het spiegeltje zoo dicht mogelijk bij de pupil staat, en de pupil juist met haren onderrand het vlak van den spiegel aanraakt.

De pupil A B (fig. 1) ontvangt de stralen van de spiegelbeelden alleen, voor zoover ze vallen binnen B D en A C. Vallen de beelden buiten deze lijnen, dan zien we door de lens geene dubbelbeelden gevormd.

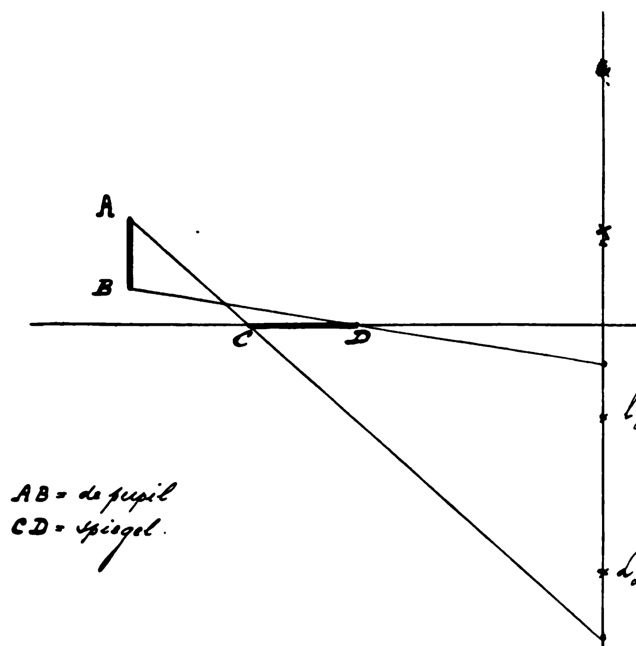


Fig. 1.

Wanneer nu A B juist in C staat, valt B D met de horizontale samen en staat A C daar verticaal op, zoodat van alle door den metaalspiegel ontworpen beelden het licht in de pupil valt. Dit is de grens, waartoe we kunnen naderen. B. mag slechts zóóver stijgen, dat B D juist naar l_0 gericht is; A B mag slechts zóóver van C. verwijderd zijn, dat L_0 nog valt binnen het verlengde van A C.

De onderzoeker ziet in het oog van den patient in eene richting, die eenen gelijken hoek maakt met de optische as ter ééne zijde, als de verbindingslijn van het oog met de lichtbronnen ter andere zijde maakt.

We zien dan in het oog:

ten 1ste de zeer lichte corneabeeldjes van de booglamp en van haar spiegelbeeld;

ten 2de meer naar achteren twee grootere lichtzwakkere beelden, die de vóórste lensvlakte van dezelfde lichtbronnen ontwerpt;

ten 3de nog dieper in het oog de twee kleinere dichter bijeengelegen en weder lichtsterkere beeldjes, door de lensachtervlakte van de genoemde lichtbronnen ontworpen;

ten 4de tusschen de sub 1 en 2 genoemde vier beeldjes zien we de kleinere beelden, die de cornea van de kleine electrische gloeilamp en van haar spiegelbeeld ontwerpt. De beeldjes, die de vóórste lensvlakte van dit gloeilampje ontwerpt, zijn te lichtzwak om te worden waargenomen.

Door dit lampje met de cremaillère op en neêr te schuiven kunnen we den onderlingen afstand van de het laatst besproken corneabeeldjes zóó wijzigen, dat deze afstand gelijk wordt aan dien der sub 2 genoemde lensbeeldjes van het booglicht.

We moeten nu bepalen de hoogte onzer beide lichtbronnen

boven het vlak van den spiegel, en doen dit met behulp van den maatstaf, waaraan het kleine lampje bevestigd was.

Zelf over het metaalspiegeltje viseerend, bewogen wij het gloeilampje omlaag, tot het samenviel met zijn spiegelbeeld. De stand van het gloeilicht gaf dan de hoogte aan van het spiegelvlak ten opzichte van de schaal.

De hoogte van de booglamp bepaalden we, door viseerend langs twee kwik-niveaux van een waterpas de booglamp en het gloeilampje met deze kwikniveaux in ééne lijn te brengen. Het gloeilampje wees dan tevens den stand van de booglamp aan.

Genoemde bepalingen der lamphoogte waren met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren, zooals de controlebepalingen bewezen.

Noemen we nu V_1 cM. de hoogte van het booglicht, V_2 cM. de hoogte van het gloeilicht boven het spiegeltje, dan zijn de voorwerpen, waarvan we de cornea- en de lensspiegelbeelden in het oog beschouwen, $2\ V_1$ en $2\ V_2$ cM. lang.

Verder noemen we H_c den hoofdbrandpuntsafstand der cornea en q den hoofdbrandpuntsafafstand van het door cornea plus lensvóórvlakte vertegenwoordigde systeem.

Waren nu werkelijk de lensbeeldjes van het booglicht op onderling gelijken afstand, als de corneabeeldjes van het gloeilicht, dan bestaat de vergelijking:

$$\frac{2\ V_2}{2\ V_1} = \frac{q}{H_c} \text{ dus } q = \frac{V_2}{V_1} H_c$$

H_c is de halve radius corneae, V_2 en V_1 werden door ons bepaald, dus is q te berekenen.

In welke verhouding staat nu echter q tot den straal r der lensvóórvlakte?

q is de afstand van het 2de hoofdbrandpunt tot het tweede hoofdvlak van het gecombineerde systeem.

De ligging van het tweede hoofdbrandpunt ten opzichte van de cornea wordt bepaald door den gang van evenwijdige lichtstralen te beschouwen.

De cornea doet evenwijdige stralen convergeeren naar een punt dat $F_{''}$ achter de cornea, dus $F_{''}-d$ achter de vóórvlakte der lens ligt. De lens ontwerpt van dit punt een spiegelbeeld, op eenen afstand $p_{'} = \frac{r\,(F_{''} - d)}{2\,(F_{''}-d) - r}$ achter de lensvoorvlakte, of $d + p_{'}$ achter de cornea. Dit punt nemen we waar door de cornea in een punt, dat $\frac{F_{'}\,(d + p_{'})}{d + p_{'} - F_{''}}$ vóór de cornea ligt. Het 2de hoofdbrandpunt van het beschouwde stelsel ligt dus $-\frac{F_{'}\,(d + p_{'})}{d + p_{'} - F_{''}}$ achter de cornea.

Het gezochte hoofdvlak ligt $\frac{d\,F_{'}}{d - F_{''}}$ achter de cornea.

De door onze meting bepaalde waarde q, d. i. de hoofdbrandpuntsafstand van den gecombineerden spiegel is dus gelijk aan het verschil dezer beide afstanden, waarin slechts r onze eenige onbekende is.

Dezen uit die formules oplossend, vinden we voor den radius der lensvóórvlakte:

$$r = \frac{q\,(F_{''} - d)^2}{\frac{F_{'}\,F_{''}}{2} + q\,(F_{''} - d)}$$

Met behulp van deze formule werd dus uit de door ons bepaalde grootheden, de straal der vóórste lensvlakte bij de verschillende patienten bepaald.

Het resultaat dezer metingen worde hier weder in het kort samengesteld:

Radius anterior lentis.

	emmetropen	hypermetropen	myopen
hoogste	11.896 mM.	11.878 mM.	12.394 mM.
laagste	8.6696 „	6.6423 „	8.519 „
gemiddelde	10.265 „	9.918 „	10.709 „

Allereerst zij er op gewezen, dat bij het tweede onderzoek der lens bij 2 personen een verschil van 0.3 en 0.5 mM. werd gevonden tegenover de eerste waarneming. Dit geeft ons hoop, dat het tusschen myopen en hypermetropen gevonden verschil van 0.8 mM. wel niet alleen op rekening gesteld zal kunnen worden van fouten in de waarneming, en dat dus de volgende conclusies juist zijn.

Uit onze cijfers blijken de hypermetropen eene sterker gekromde lensvóórvlakte te bezitten, dan de myopen. We zijn geneigd deze sterkere kromming aan den hoogeren tonus van den musculus ciliaris toe te schrijven, waarover in een volgend hoofdstuk nog het een en ander zal worden opgemerkt.

De lensstraal der emmetropen blijkt eveneens kleiner te zijn, dan die der myopen; en we veronderstellen, dat de oorzaak gelegen is in de latente hypermetropie, die we bij de emmetropen mogen verwachten (FALKENBURG); deze latente hypermetropen zijn functioneel emmetroop krachtens den sterken tonus hunner ciliairspier, die slechts door atropine wordt opgeheven. Ook de sterkere kromming der lens, die wij vonden, is dus in overeenstemming met dezen door FALKENBURG aangetoonden hoogen tonus.

Over het algemeen schijnen lensmetingen betrekkelijk zelden verricht. Een onderzoek, dat een verband beoogt op te sporen tusschen den lensstraal en de refractie, vond ik slechts door REUSS [1]) vermeld. Zijne resultaten waren:

---

[1]) REUSS. Arch. f. Ophthalm. XXIII. 1877.

Radius anterior lentis (REUSS).

	6 emmetropen	3 hypermetropen	21 myopen
hoogste	11.84 mM.	12.41 mM.	14.66 mM.
laagste	9.37 „	10.8 „	12.06 „
gemiddelde	10.8 „	11.76 „	12.69 „

REUSS onderzocht de hypermetropen na indruppeling met atropine, zoodat we deze waarden dus eigenlijk niet met de onze kunnen vergelijken.

Opmerkelijk hoog zijn echter zijne maten van myopische lenzen. Meer in overeenstemming met onze cijfers zijn de waarden, die hij bij emmetropen vond, terwijl het karakteristieke verschil tusschen myopen en hypermetropen ook bij hem voor den dag komt.

Zoeken we bijeen de waarden van den voorsten lensstraal, die door HELMHOLTZ, KNAPP, WOINOW, ADAMÜCK, MANDELSTAMM en REICH werden bepaald, allen bij emmetropen, zoo vinden we daaronder als:

hoogste	waarde	12.58
laagste	„	7.86
gemiddelde	„	9.9034

Ons gemiddelde van 10.3 mM. wijkt dus niet belangrijk van het door hen gevonden gemiddelde af.

Mogen we nu uit onze cijfers werkelijk direct besluiten tot eene krommere voorste lensvlakte bij den hypermetroop? Kunnen de verschillen niet op rekening der accommodatieve veranderingen worden gesteld?

Nemen we in aanmerking, dat de patienten bij deze bepalingen niet nauwkeurig behoefden te fixeeren, doch integendeel verzocht werd zooveel mogelijk de accommodatie te ontspannen, en dat het bovendien gemakkelijk was aan de pupilwijdte en aan den afstand der lensbeeldjes elke toename der accommodatie te herkennen, zoo mogen we wel

veronderstellen, dat geene willekeurige accommodatie de sterkere lenskromming van den hypermetroop kan hebben verwekt en dat we dus de hierboven vermelde conclusies mogen handhaven.

Gaan we nu na, wat de invloed van de door ons bij verschillende refractiën gevonden verschillen in eenige afmetingen van het oog, op het totale dioptrische apparaat van het oog is, zoo kunnen we daarbij den hier volgenden benaderenden weg inslaan.

We onderstellen, dat bij al onze patienten de dikte der lens, de straal der lensachtervlakte en de brekings-indices der media dezelfde zijn, en berekenen nu door middel der bekende formules de ligging der hoofdvlakken en hoofdbrandpunten van de lens. Vervolgens bepalen we door combinatie van de lens met de cornea de hoofdvlakken en de hoofdbrandpunten van het geheele oog.

In de tabellen vinden we de hier bedoelde waarden vereenigd.

Voor ons doel moeten we kennen de brekende kracht en de ligging van het dioptrische apparaat ten opzichte van de cornea, wij bepalen dus den afstand van het tweede hoofdbrandpunt tot aan de cornea en naar dezen afstand vergelijken wij de personen van verschillende refractie met elkaar.

We vinden dan voor dezen afstand als:

	Emmetropen.	Hypermetropen.	Myopen.
Hoogste	23.104 m.M	22.812 m.M.	22.5976
Laagste	20.623 „	20.164 „	20.723
Gemiddelde	21.968 „	21.352 „	21.842

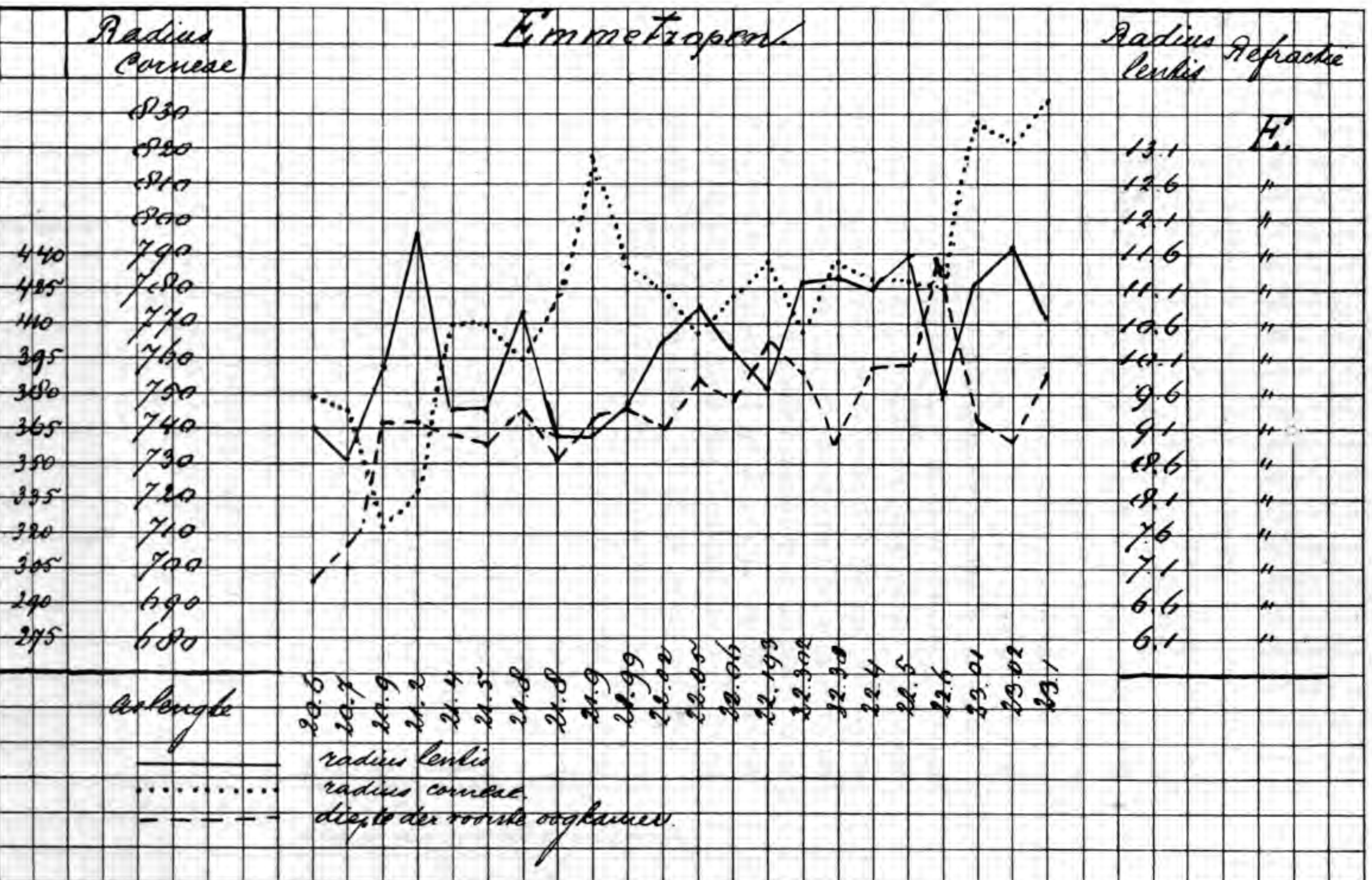
De hypermetropen bezitten dus over het algemeen een sterker werkend dioptrisch systeem dan de myopen. Het tweede hoofdbrandpunt ligt bij den hypermetroop dichter bij

de cornea dan bij den myoop. Wanneer we nu bedenken, dat de afstand van de retina tot de cornea bij den verziende kleiner, bij den bijziende grooter is dan bij den emmetroop, dan wijkt de ligging der hoofdbrandpunten af in denzelfden zin als de retinae. Het heeft dus den schijn, dat aan de abnormale ligging der retina voor een deel wordt tegemoet gekomen door deze eigenaardige ligging der hoofdbrandpunten, of beter geformuleerd door het brekende systeem van het oog.

Alvorens dit hoofdstuk te eindigen mogen we niet nalaten er op te wijzen, dat we zijn uitgegaan van de onderstelling, dat de aslengte van het oog bij de myopen grooter, bij de hypermetropen kleiner zou zijn dan bij de emmetropen. De aslengte zou dus in hoofdzaak de refractie bepalen. Dit nu is niet zoo direct aan te nemen zonder nadere bespreking.

Daar de radius corneae bij personen van verschillende refractie om eenzelfde gemiddelde schommelde en de lensstraal juist verschillen vertoont, die hoogstens den refractiegraad schijnen te corrigeeren, werd de aslengte beschuldigd de refractie-anomalien te doen ontstaan. De fout in deze redeneering ligt hierin, dat we te veel uit het oog verliezen, dat niet de absolute waarden van radius corneae, radius-lentis of aslengte, maar slechts hunne onderlinge verhouding van belang zijn voor het ontstaan eener refractie-anomalie. Om nu dus in deze onderlinge verhoudingen eenig inzicht te verkrijgen, brachten we de door ons gevonden waarden voor deze maten in teekening. We willen hieruit enkele punten releveeren, beschouwen dus eerst de cijfers der emmetropen, zooals ze in de curve zijn samengesteld.



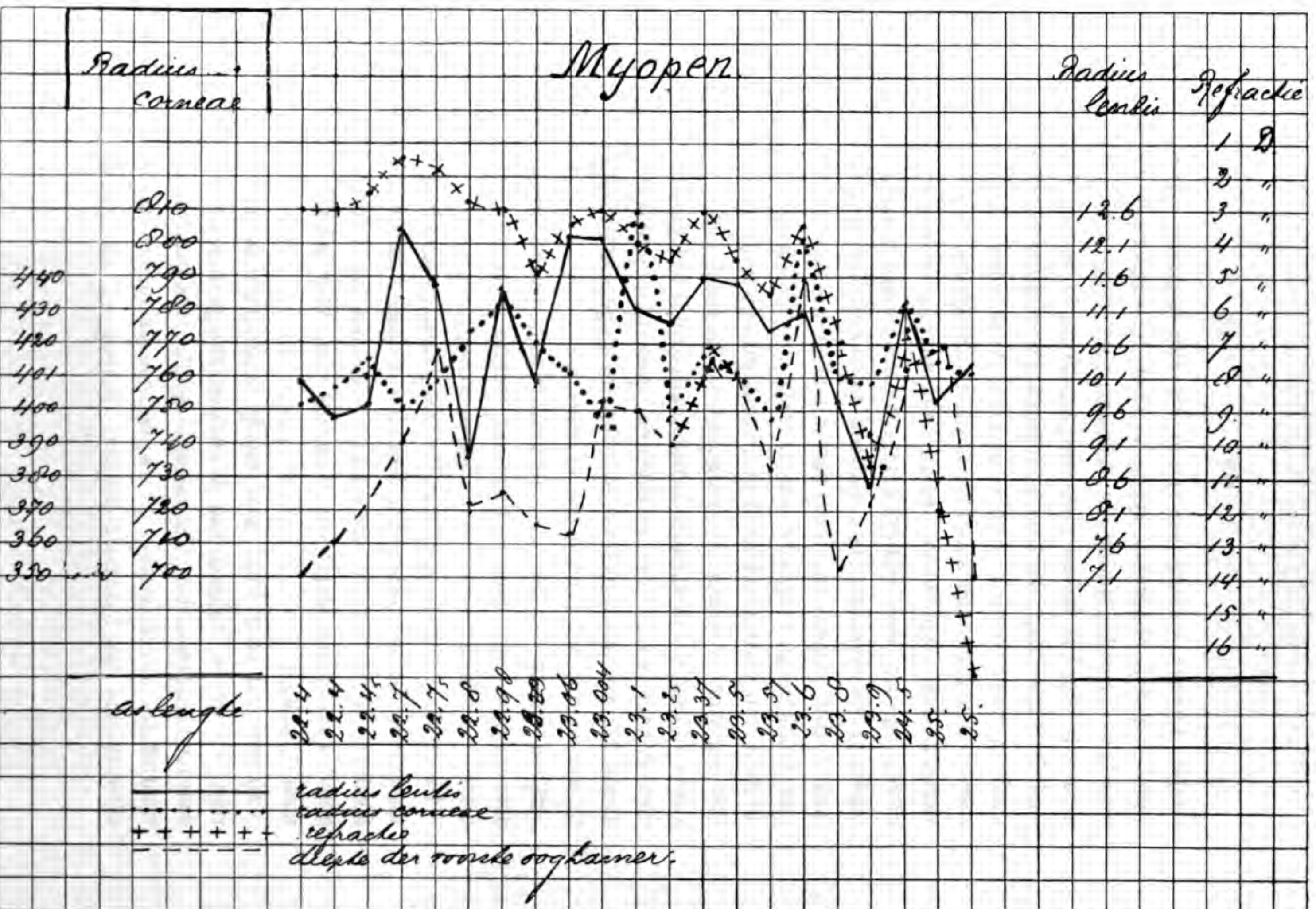

Emmetropen
Radius Corneae
830
820
790
780
770
760
750
740
730
720
710
700
690
680
440
425
410
395
380
365
350
335
320
305
275
Radius lentis
Refractie
E.
13.1
12.6
12.1
11.6
11.1
10.6
10.1
9.6
9.1
8.6
8.1
7.6
7.1
6.6
6.1
Aslengte
20.6
20.7
20.9
21.2
21.4
21.5
21.8
21.8
21.9
21.99
22.02
22.05
22.06
22.193
22.302
22.4
22.5
22.6
23.01
23.02
23.1
radius lentis
radius corneae
diepte der voorste oogkamer

Langs de horizontale lijn zijn onze patienten gerangschikt naar de opklimmende waarden van den afstand van hun tweede hoofdbrandpunt tot de cornea. Daar deze patienten emmetroop zijn, mogen we aannemen dat dit tweede hoofdbrandpunt in de retina valt en kunnen we onze patienten dus gerangschikt denken naar de opklimmende aslengten hunner oogen.

Langs de ordinaten werden aangeteekend de bij iederen patient gevonden waarden voor lensstraal, corneastraal en diepte der voorste oogkamer. Deze nu blijken zeer ongelijk van grootte te zijn bij verschillende personen; in het algemeen echter schijnt bij toenemende aslengte ook een grootere lens- en corneastraal te worden gevonden. Bij de 11 oogen met eene kortere aslengte zijn er 2, bij 11 met grootere aslengte 7, die eenen voorsten lensstraal van meer dan 10.2 mM. bezitten.

Evenzoo vinden we bij 11 oogen met kortere aslengte 7, die eenen corneastraal, kleiner dan 7.70 m.M., bij de 11 met grootere aslengte slechts 1, die eenen corneastraal onder 7.70 m.M. bezit.

Tot zekere hoogte zien we dus aslengte, radius corneae en radius lentis bij emmetropen gelijkmatig af- of toenemen; dit schijnt te wijzen op een a priori zeer waarschijnlijk feit, dat onder emmetropen vele oogen van verschillende grootte doch van gelijkvormigen bouw worden aangetroffen. Bij nadere meer individueele beschouwing zien we in het eerste en tweede oog der figuur hiervan een treffend voorbeeld, oogen met korte as, met vrij kleinen corneastraal en vrij kleinen lensstraal, die dus in alle opzichten klein van afmeting zijn, en emmetroop. Bij de twee volgende oogen, die eveneens eene korte as bezitten, vinden we nu echter zeer kleine corneastralen en tot geluk voor onze patienten zeer groote



Myopen.
Radius corneae
Radius lentis
Refractie
as lengte
radius lentis
radius corneae
refractie
diepte der voorste oogkamer.

stralen hunner voorste lensvlakte. Dit zijn blijkbaar oogen van eenigszins abnormaal type, die door de wanverhouding tusschen corneakromming en aslengte zeer zeker dreigden myoop te worden, indien niet eene zwakkere kromming der lens deze afwijking had gecompenseerd. De omgekeerde verhouding vinden we bij Dr. S., (zie ook tabel) waar de cornea eene zeer zwakke kromming schijnt te bezitten, niettegenstaande de aslengte eene gemiddelde plaats inneemt; eene sterkere kromming der lens echter komt aan deze wanverhouding tegemoet en stempelt den patient tot emmetroop. In de laatste drie oogen van deze figuur vinden we voorbeelden van gelijkmatig vergroote oogen, waar zoowel aslengte als de radii van cornea en lens vrijwel evenredig zijn toegenomen. Het oog van de daaraan voorafgaande J. M. heeft eene vrij groote aslengte, vrij kleinen corneastraal; toch is de lensstraal niet grooter zooals we verwachten zouden; hier blijkt de diepte der voorste oogkamer door abnorm hooge waarde mede te werken tot het behoud der emmetropie.

Slaan we nu een blik op de figuur, waarin dezelfde maten der myopen zijn aangeteekend en waarin bovendien het beloop der refractie door eene lijn is weergegeven.

Langs de abscis rangschikten we de patienten naar hunne aslengten, die we bepaalden door den afstand van het 2de hoofdbrandpunt tot de cornea met eene aan den refractiegraad evenredige lengte te vermeerderen, voor elke 1 D. met $^1/_3$ mM.

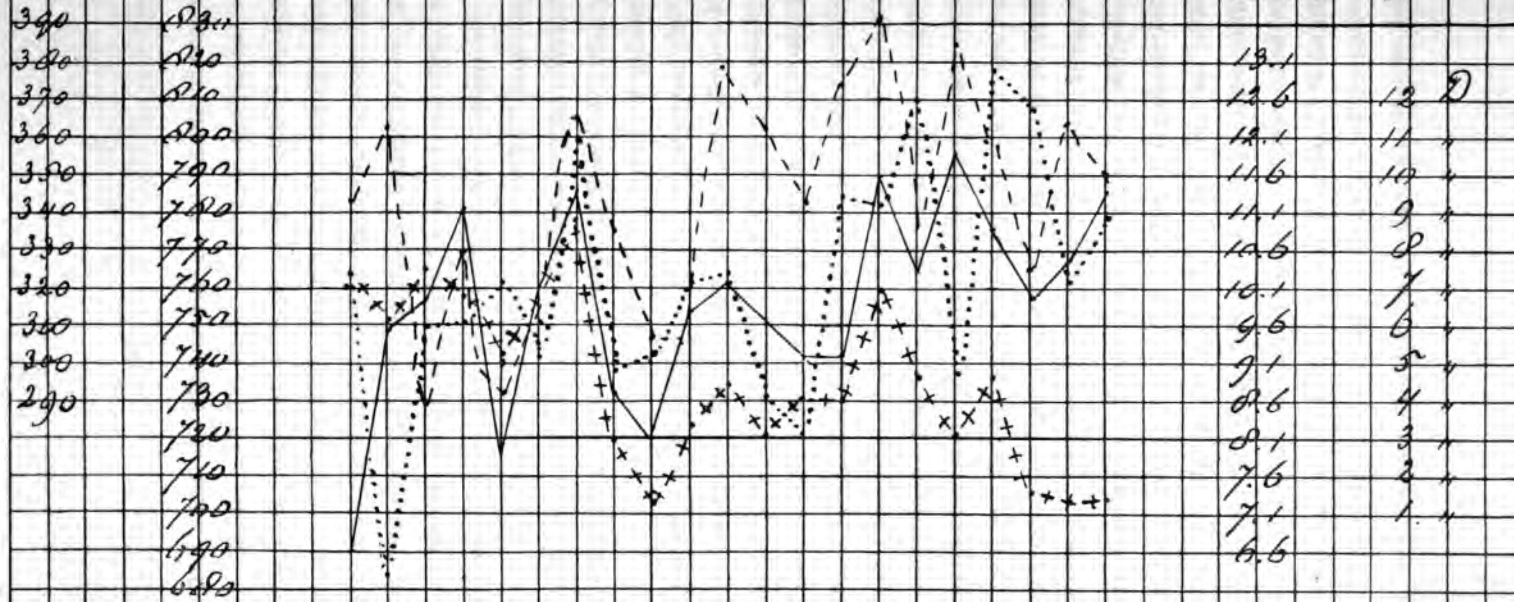
Hoewel nu van links naar rechts de aslengte toeneemt, zien we geene stijging van de stralen van cornea en lens daaraan beantwoorden. De aslengte is hier dus geen maat, waaruit we leeren kennen of we met een algemeen vergroot of verkleind oog te doen hebben. Nemen we aan dat de

corneakromming tot zekere hoogte als maat kan dienen voor het soort van oog (groot of klein), dan zouden we dus verwachten, dat het oog van N. P. C. (zie tabel C) in alle maten een klein oog zou zijn. Vergelijken we echter de aslengte van 22.7 mM. met die der emmetropen, dan blijkt deze grooter te zijn, dan we verwacht hadden, en we verwonderen ons niet, dat zijn oog myoop is en dat een groote lensstraal tracht aan de afwijking tegemoet te komen. We hebben hier dus te doen met een oog van abnormen vorm, een voorbeeld van wanverhouding tusschen cornea en aslengte, door eene pathologische verlenging, waarin echter de lens eene neiging tot correctie verraadt.

Deze laatste is geringer bij Q. De corneastraal van 7.84 mM. doet ons een oog van gemiddelde lengte verwachten; de lengte is 22.98 mM., dus abnorm hoog en oorzaak van myopie. De lens met eenen straal van 11.4 mM. vertoont weder neiging tot correctie, hoewel geringer dan in het vorige geval.

Wanneer we ten slotte in het oog vatten pat. v. R., dan verwachten we weder, naar den corneastraal te oordeelen, een oog van vrijwel gemiddelde lengte. De lengte bedraagt echter naar schatting ruim 25 mM., en is oorzaak van den belangrijken graad van myopie. De straal der lens bedraagt 10.23 mM. en verraadt dus geen spoor van correctie, hetgeen we toeschrijven aan het volslagen gemis aan eenig nuttig effect, dat bij deze zware myopie daarvan verwacht zou kunnen worden. Ook op pat. de B. met 12 D myopie is deze redeneering volkomen van toepassing.

Tenslotte nog een woord over de hypermetropen nadat we die naar dezelfde methode hebben gerangschikt. De aslengte werd weder geschat door van den afstand van het tweede


Hypermetropen.
Radius Corneae
390 830
380 820
370 810
360 800
350 790
340 780
330 770
320 760
310 750
300 740
290 730
720
710
700
690
680
Radius Lentis
13.1
12.6
12.1
11.6
11.1
10.6
10.1
9.6
9.1
8.6
8.1
7.6
7.1
6.6
Refractie
12 D
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1.
Aslengte.
18.1
18.16
18.5
18.78
19.0
19.04
19.36
19.8
19.8
19.9
20.
20.1
20.3
20.5
20.6
20.76
20.77
20.9
21.
21.3
21.5
radius lentis
radius corneae
refractie
diepte der voorste oogkamer.

hoofdbrandpunt tot de cornea eene met den graad der refractie evenredige lengte af te trekken.

We zien hier weder bij toenemende aslengte meer oogen met grooteren lens- en corneastraal.

De grootste radii worden gevonden bij oogen met eene groote aslengte, de kleinste radii bij oogen met kleine assen; van eene volkomen evenredigheid is echter geen sprake.

Sommige oogen trekken weer onze aandacht door de discongruentie van lens en corneastraal. Zoo vonden we bij den eersten patient eenen corneastraal van gemiddelde lengte, de lengte van het oog beantwoordde daaraan echter niet, maar was zeer klein en het verwondert ons niet, dat patient vrij sterk hypermetroop is. Toch zou hij dit zeker veel erger zijn geweest, indien de lens niet door eene buitengewoon sterke kromming eene gedeeltelijke correctie had bewerkt. Een voorbeeld van gemis eener zoodanige correctie treffen we aan in M. (zie ook tabel B). De lange radius cornea deed eene lange oogas verwachten ; deze bleek echter klein, geen wonder dan ook, dat patient eene zeer sterke hypermetropie heeft, en dit te meer, daar de lens evenals de cornea zeer zwak is gekromd en in dit geval dus absoluut geene correctie teweeg brengt.

Beide genoemde personen waren dus vrij sterk hypermetroop door eene abnorme verhouding tusschen cornea en aslengte; de één echter vertoont eene belangrijke correctie door sterker kromming van de lens, de tweede mist deze geheel en bleef veel sterker hypermetroop. We zien hierin de bevestiging van ons vermoeden, dat er in lichte gevallen van hypermetropie een verband bestaat tusschen den graad der refractie en de kromming der lensvóórvlakte, dat dit verband bij sterke graden van hypermetropie echter niet wordt aangetroffen.

Patient v. R. bezit wel een vrij kort oog, doch ook eenen vrij korten corneastraal en het verwondert ons niet, dat hij slechts licht hypermetroop is, vooral daar zijne lens eene vrij sterke kromming bezit.

Bij oppervlakkige beschouwing schijnen de lijn, die den graad der refractie aanduidt, en de lijn, die ons den straal der voorste lensvlakte aangeeft, een evenwijdig verloop te vertoonen. Bij grooteren lensstraal sterker hypermetropie, bij kleineren lensstraal geringer hypermetropie. We zien hierin weder eene bevestiging, dat de lens vaak eenen corrigeerenden invloed oefent op de hypermetropie.

Over den tonus van den musculus ciliaris.

In de vorige bladzijden hebben we gezien, dat de lens van het oog in verscheidene gevallen van hypermetropie sterker, in verscheidene gevallen van myopie zwakker gekromd is dan bij den emmetroop. De lens schijnt dus in die gevallen eene corrigeerende werking uit te oefenen tegenover de bestaande verkorting of verlenging van de as van het oog.

Zooals we in de inleiding reeds hebben besproken, kan deze krommingsverandering der lens functioneel zijn, d. w. z. afhankelijk van een verschil in tonus van den musculus ciliaris; of ze kan berusten op een werkelijk anatomisch verschil tusschen myopische en hypermetropische oogen.

Vermoedelijk zullen deze afwijkingen van het gemiddelde verklaard moeten worden door wijzigingen van den tonus; immers ook de latente hypermetropie, die aangetoond wordt door refractie-bepalingen vóór en na indruppeling van atropine, dwingt ons bij den hypermetroop eenen hoogen tonus van den musculus ciliaris aan te nemen.

We zullen in dit hoofdstuk trachten te ontleden, welke

factoren dezen tonus in stand houden en welke factoren de verschillen in tonus bij personen van verschillende refractie bewerken.

Onder tonus verstaan we den contractietoestand van de spier zonder willekeurige verkorting.

We kunnen ons denken, dat deze voortdurende contractietoestand wordt in stand gehouden:

òf door langs zenuwen aanhoudend toevloeiende prikkels, die centraal zijn ontstaan of reflectorisch zijn opgewekt;

òf wel door eene in de spieren zelve zich ontwikkelende energie, die gebonden is aan de normale stofwisseling van de spier.

Korter geformuleerd luidt de vraag aldus: is de tonus van nerveuzen oorsprong, centraal of reflectorisch, of misschien myogeen?

Het bestaan van eenen „automatischen" spiertonus wordt door HERMANN ontkend op grond van de volgende proef. Doorsnijdt men de zenuw van een praeparaat, dat bestaat uit eene gespannen spier, die door hare motorische zenuw nog met het centrale zenuwstelsel in verbinding was, dan volgt hierop geene verlenging van de spier. Uit dit bewijs tegen het bestaan van eenen automatischen spiertonus, trekken we bovendien de gevolgtrekking, dat HERMANN dus eenen automatischen spiertonus steeds gebonden acht aan het centrale zenuwstelsel, en de mogelijkheid van eenen myogenen spiertonus bij voorbaat ontkent.

De dwarsgestreepte spieren bezitten echter niet zelden eenen tonus, eenen blijvenden contractie-toestand, die, zooals uit meerdere onderzoekingen bewezen is, een reflextonus is, berustend op eene reeks van prikkels, die van spieren, pezen, gewrichten, enz. langs den primairen reflexboog over het ruggemerg heen de spier bereiken.

De proef van BRONDGEEST demonstreert duidelijk, wat men onder dezen tonus verstaat en hoe deze van reflectorischen oorsprong is.

Dat een automatische spiertonus nooit alleen van het spierweefsel kan afhankelijk zijn, is duidelijk; nooit kunnen we voor eenen tonus aannemen eene automatie van het spierweefsel. Het begrip „tonus" sluit in zich eenen prikkelingstoestand, die de spier met *tonus* van de spier in *rust* onderscheidt. Konden we ons eene spiervezel denken, geheel geïsoleerd en toch in staat te leven, dan zou in deze als in elke planten- of dierencel eene zekere spanning bestaan, de spanning, die we bij planten turgor noemen; maar die spanning noem ik niet tonus.

Een tonus treedt eerst op, wanneer die spanning, die „turgor", verhoogd wordt; en dit kan slechts geschieden, indien daartoe eene aanleiding, indien een prikkel optreedt.

Een tonus kan dus alleen berusten op eene reeks van telkens zich herhalende prikkelingen van de spier, hetzij thermische, mechanische of chemische, hetzij eene prikkeling van uit het centrale zenuwstelsel. Eenigszins typische thermische verschillen in ametropische oogen kunnen we niet aannemen en dus niet als oorzaak beschouwen van den tonus van den musculus ciliaris. Evenmin kunnen mechanische prikkels hier een rol spelen, daar we niet zulk eene irritabiliteit voor directe mechanische prikkels van den musculus ciliaris kunnen verwachten, dat de geringe verschillen in mechanische verhoudingen der ametropische oogen in staat zouden zijn de verschillen in tonus te verklaren.

Bij den musculus ciliaris kunnen ook geen chemische prikkels den tonus regelen; daarvoor is de chemische samenstelling der omringende vloeistoffen te constant en te indifferent.

Bestaat in deze spier dus een tonus, dan moet deze van uit het zenuwstelsel worden onderhouden. Het komt mij waarschijnlijk voor, dat dezelfde redeneering ook voor de dwarsgestreepte spieren geldt, dat ook bij dezen geene directe thermische, mechanische of chemische prikkels de oorzaak voor eenen eventueel bestaanden tonus kunnen vormen.

Voor vaatspieren zou ik hetzelfde niet durven beweren. Ter ééne zijde zou het niet vreemd zijn, wanneer de rekking der spiervezels bij plotseling vermeerderden bloedsaandrang als prikkel werkte en den spiertonus verhoogde; of wanneer de groote temperatuurs-verschillen aan de lichaamsoppervlakte de spieren der huidvaten tot verhooging of verlaging van den tonus prikkelde. Ter andere zijde moet hier eene directe prikkeling van de vaatspieren mogelijk geacht worden door met het bloed aangevoerde stoffen. De directe aanraking dezer stoffen met de spiervezelen zou hare spanning wellicht in positieven of negatieven zin kunnen wijzigen. We zouden dan van verhoogden of verlaagden vaattonus kunnen spreken, terwijl bij afwezigheid dezer prikkels slechts de van uit het zenuwstelsel opgewekte tonus zou overblijven. Tot de hier bedoelde stoffen zouden dan de ware angiotonica en angioplegica moeten worden gerekend en bovendien die stoffen, die door langdurige inwerking eene verhooging van den bloedsdruk, later wellicht arteriosclerose kunnen te weeg brengen. Deze laatste bewering steunt op de meening van sommige onderzoekers, dat arteriosclerose steeds door hypertonie van den vaatwand wordt voorafgegaan.

Om nu tot onzen ciliairtonus terug te komen, voor dezen moeten we dus een oorzaak zoeken in het zenuwstelsel. Het verdient wel de aandacht, dat de musculus ciliaris, hoewel anatomisch eene gladde spier, zich physiologisch èn

door het vermogen tot willekeurige contractie èn door den aard van zijnen tonus bij de dwarsgestreepte spieren laat rangschikken. Daarvoor pleiten bovendien nog de volgende feiten:

1. bij vele jonge individuen oefent de tonus van den musc. ciliaris eenen nauwkeurig corrigeerenden invloed uit op lichte graden van hypermetropie. Zoo bewerkt de tonus, dat individuen met eene verschillende latente hypermetropie van $^1/_2$, 1, $1^1/_2$, en 2 D. allen functioneel emmetroop worden. De seinen voor zulk eene fijne regeling kunnen moeilijk van iets anders dan van de retina uitgaan. Deze tonus is dus van nerveuzen oorsprong.

2. Ook het verdwijnen van den ciliairtonus door atropine pleit voor den nerveuzen oorsprong. Immers atropine schijnt de spier intact te laten, doch hare werking in het bijzonder uit te oefenen op de uiteinden der zenuwen, wat echter nog niet door ieder wordt erkend (Stokvis).

Wat wel algemeen wordt toegegeven met betrekking tot de werking van atropine, is de verlamming der uiteinden van de nervi secretorii, de verlamming der vagus-uiteinden in de intestina, de verlamming der zenuw-uiteinden voor gladde spieren; dan verwekt het geene verwondering, wanneer we ook voor het verlies der accommodatie de oorzaak zoeken in de uiteinden der motorische zenuwen. Voor deze meening pleit bovendien nog het volgende. Na aanwending van atropine doen noch prikkeling van den N. oculomotorius of van de Nervi ciliares, noch muscarine de pupil vernauwen; de spiervezelen zijn echter niet verlamd, want directe electrische prikkels van de spiervezelen zelve verwekken wel nog pupilvernauwing. We zullen thans dus de volgende vragen moeten beantwoorden:

Waar ontstaan of vanwaar komen in het zenuwstelsel die prikkels, die den ciliairtonus verwekken?

Welke prikkel geeft in normale oogen het sein tot accommodatie?

Komt die prikkel bij den hypermetroop soms elk oogenblik terug?

Allereerst moeten we dus zoeken de reden tot accommodatie; m. a. w. we moeten weten, waaraan we herkennen, dat een voorwerp dichter bij of verder af gelegen is dan het punt, waarop we zijn ingesteld.

We kunnen ons over den afstand van een punt, dat wij fixeeren, orienteeren, door den graad der convergentie en der accommodatie, dien we uit het spiergevoel leeren kennen en door de schijnbare verschuiving van voorwerpen bij beweging van ons hoofd of lichaam. Hoe dichter bij een voorwerp is, des te sneller is de schijnbare verschuiving tegenover den achtergrond. Dit is alles duidelijk voor het gefixeerde punt, doch hoe leeren we den afstand van een punt ter zijde in het gezichtsveld kennen en leeren we dus welke accommodatie en convergentie we noodig hebben, wanneer we dat punt willen fixeeren?

Wordt dan door probeeren de juiste accommodatie en convergentie bereikt, of zijn we reeds bij voorbaat georienteerd over den afstand van dat nieuwe punt ten opzichte van het punt, waarop we zijn ingesteld?

De volgende voorstelling kan hierop misschien eenig licht werpen.

De oogen zijn gericht op punt A.

Hoe herkennen we dus, dat B dichterbij ligt dan C.

De bepaling der ligging van B kan alleen gegeven zijn door de punten B_1 en B_2 op beide retinae, door de nevenassen dier punten, volgens welke we het punt projicieeren, in verband met den gegeven stand der oogen.

Zoo wordt C bepaald door de nevenassen C_1 C en C_2 C, waarlangs we weder bij den gegeven stand der oogen in C_1 en C_2 ontvangen prikkels projicieeren.

Het verschil der indrukken, die de punten B en C ons geven, is gelegen in het verschil in convergentie der nevenassen, of waarschijnlijk juister in de meer of minder nasale of temporale ligging van de punten B_2 en C_2 ten opzichte van de correspondeerende punten van B_1 en C_1. Hierin is ons het middel gegeven, waaruit we tot het naderbijzijn van B besluiten.

Duidelijker wordt dit nog bij beschouwing van de verschillende punten eener op het linker oog gerichte lijn C_1 C. Deze punten ontwerpen allen in het linker oog eenen indruk in C_1, maar in het rechter oog ontwerpen ze beelden op eene reeks van punten; hoe dichterbij C ligt, des te meer lateraal ligt het geprikkelde retinaelement en des te grooter is de hoek, dien de bijbehoorende nevenassen met de as van C_1 maken. Het is dus duidelijk, dat de ligging van C_2 meer nasaal of temporaal, of de graad der convergentie der nevenassen van de beide geprikkelde punten de gegevens zijn, waaruit we den afstand van C leeren kennen ten opzichte van het gefixeerde punt.

Wanneer D op gelijken afstand als A van het oog verwijderd is en de retinae prikkelt in D_1 en D_2, wordt hieruit bij den gegeven stand der oogen besloten tot den gelijken afstand van D en A. Wordt een punt, dat nasaal ligt van D_2, met D_1 gelijk geprikkeld, dan wijst dit op den grooteren afstand van C en geeft dit het sein tot ontspanning der accommodatie, wanneer we C willen fixeeren.

Uit deze gewaarwording in verband met de eigen refractie, de op dat oogenblik bestaande accommodatie en convergentie,

vormt de betrokken persoon zich een oordeel over den afstand der ter zijde liggende punten, die zijn aandacht trekken, en over den graad van accommodatie die hij zal behoeven om die punten te fixeeren.

Aldus ontvangt de hypermetroop steeds de prikkels tot zeer krachtige inspanning zijner accommodatie, terwijl de myoop de neiging tot volledige ontspanning krijgt.

We zullen in deze richting de verklaring moeten zoeken van den hoogen tonus van den musculus ciliaris dien we bij een deel der emmetropen, maar vooral bij hypermetropen aantroffen.

CONCLUSIES.

Overzien we ten slotte al onze cijfers en de figuren waarin ze zijn samengesteld, zoo is het meest in het oog loopend het verschil in aslengte bij personen van verschillende refractie.

De oogen met zeer korte as behooren meestal aan hypermetropen, die met zeer lange as meestal aan myopen.

Toch zijn er ook emmetropen, met vrij groote of vrij kleine aslengte.

Deze oogen van emmetropen met een zoo kleine of een zoo lange as zijn echter in hun geheel van een in alle afmetingen zeer klein of zeer groot type, of wel zij vertoonen bijzondere verhoudingen tusschen de stralen van de cornea en de vóórvlakte der lens, waardoor hunne emmetropie wordt behouden.

Het dioptrisch apparaat van personen van verschillende refractie vertoont eigenaardigheden, die op eene neiging tot gedeeltelijke correctie der afwijking wijzen. De nadeelen van de bestaande verkorting of verlenging van het oog worden verminderd door eene compenseerende verandering in het

brekende stelsel. De metingen der verschillende grootheden, die dit stelsel samenstellen wijzen de lens aan, als het orgaan, waarvan deze correctie afhankelijk is.

Een verband tusschen den graad der correctie en den graad der refractie-anomalie kon niet door ons worden aangetoond.

Dat zulk een verband in een aantal gevallen wel zal bestaan, vermoeden we op grond van de waarnemingen van FALKENBURG [1]), waaruit blijkt, dat onder 59 emmetropen 53 latente hypermetropen voorkomen. De hypermetropie van deze 53 personen wisselde tusschen 0.5 en 2.5 D. Functioneel waren zij echter allen emmetroop en ieder had dus door eene meerdere lenskromming eene toename zijner brekende kracht van zooveel D. verkregen, als juist noodig was tot het bereiken der emmetropie. We onderstellen dus, dat er momenten zijn, die de correctie juist tot emmetropie voeren en dat de éénmaal ontstane emmetropie dan door bepaalde momenten wordt gehandhaafd.

Bij sterker graden van hypermetropie, zooals door mij werden onderzocht, bestaat eveneens eene corrigeerende vermeerdering der lenskromming; de patient blijft echter invalide en hier ontbreekt de voorwaarde, zooals de emmetropie bij de latente hypermetropen, die de correctie tot eene scherpe grens doet gaan en aldus een verband schept tusschen den graad der afwijking en de correctie door de lens of den tonus van den musculus ciliaris.

---

[1]) FALKENBURG. Dissert. Amsterdam. 1892.

STELLINGEN.

I. De nadeelen van de relatieve verkorting of verlenging van het oog bij hypermetropen en myopen, worden verminderd door eene compenseerende verandering in kromming der lensvóórvlakte.

II. De theorie van Overton geeft ons tot nu toe het beste inzicht in de werking der narcotica.

III. De vergelijkend anatomische studie der vascularisatie van bijnier, nier en geslacbtsklieren maakt het mede zeer waarschijnlijk, dat de bijnier wat hare schors betreft haren oorsprong heeft in de „vóórnier".

IV. De intervilleuze ruimten der placenta zijn extravasculaire ruimten, gevuld met bloed uit de door het syncytium doorbroken moederlijke vaten. De cellen van Langhans zijn afkomstig van het foetaal mesoderm.

V. Acetonurie berust op vermeerderd vetverval bij stoornis in de omzetting der koolhydraten.

afstand vert.
.66
.34
.5
.30
.09
.49
7
.08
.15
.52
.11
.71
.18
.07
.79
.06
.50
.29
.39
.04
.83
.45

HYPER

…afstand vert.	Diepte der voorste oogkamer.	Afstand v/h midden der pupil tot de optische as.	
59	3.655	0.1581	1
61	3.072	0.1948	
4	3.469	0.1489	1
86	3.253	0.0186	
7	3.85	0.0537	1
17	3.63	0.0822	
4	3.08	0.1895	
43	3.731	0.0784	
5	3.415	0.0441	
7	3.577	0.1095	1
	3.56	0.1474	
84	3.79	0.1067	1
24	3.337	0.140	1
4	3.023	0.1712	
85	3.18	0.1409	1
02	3.636	0.1274	
3	3.30	0.0781	1
6	3.43	0 1614	
14	3.909	0.0225	1
04	2.896	0.1072	
5	3.658	0.2303	1
	3.437	*0.1175*	

2de hoofdbr. afstand vert.
29.98
30.07
29.67
30.72
31.51
30.07
29.56
29.99
29.8
30.3
30.05
30.76
30.17
30.02
29.57
29.3
29.51
31.03
30.94
28.93
29.63
28.55
—

NAME	DATE DUE